

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Redimensionamiento y tratamiento de  
olores para la E.D.A.R de Conil de la Frontera

Autor: José Antonio LEAL GALLARDO

Fecha: Junio 2007







## **"REDIMENSIONAMIENTO Y TRATAMIENTO DE OLORES PARA LA EDAR DE CONIL DE LA FRONTERA"**

El presente proyecto tiene por objeto la justificación, selección y diseño de un **sistema de tratamiento de olores** para la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Conil de la Frontera, así como la definición y **redimensionamiento** de los equipos y unidades de tratamiento del agua residual, que sirven como base de diseño para el citado sistema de desodorización.

El progresivo aumento demográfico registrado en Conil de la Frontera en los últimos años y el salto poblacional que sufre en verano debido a la actividad turística dejan entrever la posibilidad de que las unidades actuales en la EDAR no tengan la suficiente capacidad de tratamiento para los caudales producidos en el municipio. Un estudio demográfico pone de manifiesto la necesidad de redimensionamiento de las unidades.

Es necesario minimizar al máximo el impacto ambiental que producen los olores en las instalaciones medio ambientales, especialmente si se ubican cerca de áreas residenciales, caso de la EDAR objeto de este proyecto que se sitúa a 300 metros aproximadamente de la línea de viviendas mas cercana. Esta necesidad se ve incrementada por la frecuencia de vientos en la zona.

Para el redimensionamiento de la línea de agua se considera que las características del agua residual que llega a la EDAR no han cambiado con el tiempo desde que se realizó el dimensionamiento inicial de la Estación Depuradora, de manera que no se estima necesario un estudio y selección de las alternativas para la depuración. Así pues, se realiza el redimensionamiento de las unidades de tratamiento presentes en la EDAR en la actualidad, como son, desbaste y desarenador-desengrasador, decantación primaria, tratamiento biológico por fangos activos y decantación secundaria.

Según el estudio demográfico realizado se tomarán los caudales de diseño mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Caudales de diseño

	Invierno	Verano
Población (Nº hab.)	27000	81000
Dotación (L/hab./día)	250	250
$Q_{med}$ (m <sup>3</sup> /h)	281,25	843,75
$Q_{min}$ (m <sup>3</sup> /h)	97,43	351
$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /h)	500,28	1373,42
$Q_{punta}$ (m <sup>3</sup> /h)	811,9	2028,12

Al igual que en el diseño de la línea de agua, se realiza el redimensionamiento de las unidades de tratamiento de fango existentes actualmente en la EDAR de Conil de la Frontera: estabilización (mejorada con adición de oxígeno puro en lugar de aireadores superficiales), espesamiento y deshidratación de fangos.

Generalmente la mezcla de olores que pasan al ambiente en las instalaciones de depuración es muy amplia, como compuestos odoríferos característicos cabe destacar el **sulfuro de hidrógeno** (H<sub>2</sub>S) y el **amoniaco** (NH<sub>3</sub>), los cuales serán objeto de tratamiento en el presente proyecto. Las 3 fuentes con mayor porcentaje de emisión de olor son el espesamiento de fango, secado o deshidratación de fangos y los desarenadores aireados.

Una vez definidas y evaluadas las distintas alternativas para el tratamiento de olores, y teniendo en cuenta los compuestos que son necesarios eliminar de la corriente gaseosa se adopta como solución más viable la **absorción y oxidación-neutralización química por vía húmeda**.

La absorción y oxidación química es de aplicación cuando se tratan elevados caudales y concentraciones media-bajas, frente a alternativas como la adsorción con carbón activo que resulta más útil cuando se tratan bajos caudales de aire. El presente proyecto se define para un caudal de aire odorífero de **16000 m<sup>3</sup>/h** obtenido según cálculos justificativos y una concentración de NH<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>S (componentes principales a eliminar) de **5 mg/Nm<sup>3</sup>**, es decir, se trata un caudal elevado y una concentración baja de los compuestos olorosos.

Los costes y requerimientos de mantenimiento pueden resultar elevados por trabajar con reactivos, pero esto se contrarresta con la elevada eficacia que su uso genera, debido a la capacidad de alcanzar elevadas eficiencias en transferencia de materia.

El presente proyecto propone el tratamiento de olores en el **pretratamiento**, los **digestores aerobios de fangos**, el **espesador** y en el **edificio de deshidratación**. Para ello se colocarán cubiertas adecuadas para cada caso con el fin de confinar el aire odorífero y extraerlo mediante un ventilador que mantendrá en depresión los recintos cubiertos.

El aire maloliente a tratar deberá pasar a través de las torres de absorción y oxidación-neutralización (torres de lavado) para la eliminación de los compuestos odoríferos. El número de torres necesarias para la eliminación de dichos compuestos será el número de etapas requeridas.

Se pueden adoptar 2 o 3 etapas dependiendo del número de compuestos de control a eliminar. Aunque para la eliminación del  $H_2S$  y  $NH_3$  se describan sistemas de 3 etapas, en el presente proyecto se adopta la combinación de las dos últimas etapas (donde se elimina el  $H_2S$  y el cloro residual generado) en una sola, con el consiguiente ahorro económico que esto supone. Así pues, se tiene una instalación que constará de **2 columnas de relleno**, la primera para eliminación del  $NH_3$  y la segunda para eliminación de  $H_2S$ .

Las reacciones se darán entre los compuestos a eliminar y los reactivos seleccionados para ello, como son el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) para tratar los compuestos nitrogenados, y la sosa cáustica ( $NaOH$ ) y el hipoclorito sódico ( $NaOCl$ ) para la absorción y oxidación de los sulfuros respectivamente.

Además de las torres de lavado y el ventilador, el sistema para el tratamiento de olores lo completan depósitos de almacenamiento de reactivos, bombas de recirculación, bombas dosificadoras de reactivo y separadores de gotas, así como el conjunto de válvulas y conducciones necesarias tanto para el aire odorífero como para el líquido.

Para el control del proceso de tratamiento de los gases olorosos es necesario disponer de elementos para ello como son detectores de nivel y un sistema de medida de pH/redox. Estos elementos poseen unos puntos de consigna en función de los cuales se hacen actuar las bombas y electroválvulas dependiendo de las necesidades del sistema de tratamiento de olores.

**ÍNDICE GENERAL**

<b>DOCUMENTO N° 1: MEMORIA.....</b>	<b>8</b>
Memoria Descriptiva.....	9
Anexos a la Memoria.....	137
<b>DOCUMENTO N° 2: PLANOS.....</b>	<b>287</b>
<b>DOCUMENTO N° 3: PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>295</b>
<b>DOCUMENTO N° 4: PRESUPUESTO.....</b>	<b>374</b>

**ÍNDICE**

<b>DOCUMENTO N° 1: MEMORIA</b> .....	<b>8</b>
<b>MEMORIA DESCRIPTIVA</b> .....	<b>9</b>
<b>1. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>10</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b>	<b>12</b>
<b>2.1. UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO</b>	<b>12</b>
<b>2.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES</b>	<b>13</b>
<b>2.2.1. Estación de bombeo (EBAR)</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2. Línea de agua</b>	<b>14</b>
2.2.2.1. Desbaste	14
2.2.2.2. Desarenado-Desengrasado	15
2.2.2.3. Decantación primaria	16
2.2.2.4. Tratamiento biológico	17
2.2.2.5. Decantación secundaria	18
<b>2.2.3. Línea de fango</b>	<b>19</b>
2.2.3.1. Estabilización de los fangos	19
2.2.3.2. Espesamiento de fangos	20
2.2.3.3. Deshidratación de fangos	20
<b>2.3. EL PROBLEMA DEL OLOR</b>	<b>22</b>
<b>2.3.1. Características de la contaminación por olor</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2. Clasificación de las fuentes de olor</b>	<b>23</b>
<b>2.3.3. Efectos negativos de los episodios de olor</b>	<b>25</b>
<b>2.3.4. Normativas y niveles de olor tolerables</b>	<b>27</b>
<b>2.3.5. Olores en una E.D.A.R.</b>	<b>29</b>
<b>3. REDIMENSIONAMIENTO DE LAS UNIDADES DE DEPURACIÓN</b>	<b>32</b>
<b>3.1. ESTUDIO DEL AUMENTO POBLACIONAL</b>	<b>32</b>
<b>3.2. LÍNEA DE AGUA</b>	<b>34</b>
<b>3.2.1. Caudales de diseño</b>	<b>35</b>
<b>3.2.2. Canal de entrada</b>	<b>35</b>
<b>3.2.3. Desbaste</b>	<b>36</b>
<b>3.2.4. Desarenador-Desengrasador</b>	<b>36</b>

3.2.5. Decantador primario	37
3.2.6. Tratamiento biológico	39
3.2.7. Decantador secundario	40
<b>3.3. LÍNEA DE FANGO</b>	<b>41</b>
3.3.1. Caudales y cargas de diseño	41
3.3.2. Estabilización aerobia	42
3.3.2.1. Aireación del sistema con oxígeno puro	43
3.3.2.2. Dimensiones	47
3.3.3. Espesamiento por gravedad	48
3.3.4. Deshidratación	48
<b>4. ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE OLORES</b>	<b>50</b>
4.1. MEDIDAS CORRECTORAS	50
4.1.1. Cambios operacionales	50
4.1.2. Control de los vertidos a la red de alcantarillado	51
4.1.3. Aditivos químicos	51
4.1.4. Agentes enmascarantes	54
4.2. TRATAMIENTO DEL AIRE ODORÍFERO	54
4.2.1. Adsorción	55
4.2.2. Oxidación con ozono por vía húmeda	60
4.2.3. Combustión u Oxidación térmica	63
4.2.4. Absorción y oxidación-neutralización química por vía húmeda	63
4.2.5. Sistemas biológicos	70
4.2.6. Condensación	73
4.3. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	74
<b>5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN TÉCNICA ADOPTADA PARA LA DESODORIZACIÓN</b>	<b>76</b>
5.1. JUSTIFICACIÓN	76
5.2. TEORÍA DE LA ABSORCIÓN CON REACCIÓN	77
5.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPUESTOS ODORÍFEROS DE CONTROL	80
5.4. ZONAS DE ACTUACIÓN	82
5.4.1. Pretratamiento	82



5.4.2. Digestores aerobios	82
5.4.3. Espesador	83
5.4.4. Edificio de deshidratación	83
<b>5.5. CUBIERTA Y VENTILACIÓN</b>	<b>84</b>
5.5.1. Cubierta pretratamiento	84
5.5.1.1. Desbaste	84
5.5.1.2. Desarenador-Desengrasador	85
5.5.2. Cubierta digestor aerobio	86
5.5.3. Cubierta espesador	86
5.5.4. Sistema de ventilación	87
<b>5.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN</b>	<b>88</b>
5.6.1. Número de etapas	89
5.6.2. Torres de lavado	92
5.6.3. Relleno	93
5.6.4. Reactivos	94
5.6.5. Separador de gotas	95
5.6.6. Conducciones	97
5.6.6.1. Gas	97
5.6.6.2. Líquido	97
5.6.7. Bombas de recirculación	98
5.6.8. Bombas dosificadoras	99
5.6.9. Ventilador	100
5.6.10. Depósitos	101
5.6.11. Instrumentación	102
5.6.11.1. Detectores de nivel	102
5.6.11.2. Sistema de medida de pH/potencial Redox	102
5.6.11.3. Válvulas	103
5.6.12. Aspectos constructivos de obra civil	104
<b>6. CONTROL Y MANTENIMIENTO EN PLANTA</b>	<b>105</b>
6.1. CONTROL DEL PROCESO	105
6.1.1. Nivel de líquido en las torres	105
6.1.2. Dosificación automática de ácido sulfúrico	106
6.1.3. Dosificación automática de hipoclorito sódico	106

6.1.4. Dosificación automática de hidróxido sódico	107
6.2. SUPERVISIÓN Y OPERACIÓN	108
6.3. MANTENIMIENTO	110
6.3.1. Mantenimiento preventivo	110
6.3.2. Mantenimiento correctivo	112
<b>7. <u>ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</u></b>	<b>114</b>
7.1. OBJETO DE ESTE ESTUDIO	114
7.1.1. Características del proyecto	115
7.2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	117
7.2.1. Riesgos profesionales	117
7.2.2. En maquinaria e instalaciones auxiliares.	120
7.2.3. Riesgo de daños a terceros.	121
7.2.4. Varios.	122
7.3. MEDIDAS PREVENTIVAS TIPO A APLICAR	123
7.3.1. Protecciones colectivas.	123
7.3.2. Protecciones individuales.	125
7.3.3. Formación.	127
7.3.4. Medicina preventiva y primeros auxilios.	127
7.4. PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS	128
<b>8. <u>DISPOSICIONES LEGALES</u></b>	<b>129</b>
8.1. NORMATIVA GENERAL	129
8.2. NORMATIVA ESPECÍFICA DE SEGURIDAD Y SALUD	130
<b>9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b>134</b>
<b>ANEXOS A LA MEMORIA.....</b>	<b>137</b>
<b><u>ANEXO 1. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</u></b>	<b>138</b>
<b>I. LÍNEA DE AGUA. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO</b>	<b>139</b>
<b>I.1. BASE DE CÁLCULO</b>	<b>139</b>
<b>I.1.1. Estudio aumento poblacional</b>	<b>139</b>
<b>I.1.2. Caudales de diseño</b>	<b>141</b>
I.1.2.1. Invierno	141

I.1.2.2. Verano	143
<b>I.1.3. Carga contaminante del agua residual</b>	<b>144</b>
<b>I.2. AMPLIACIÓN DE LAS UNIDADES DE DEPURACIÓN</b>	<b>145</b>
<b>I.2.1. Canal de entrada</b>	<b>145</b>
<b>I.2.2. Pretratamiento</b>	<b>146</b>
I.2.2.1. Desbaste	146
I.2.2.2. Desarenador-Desengrasador	151
<b>I.2.3. Decantación primaria</b>	<b>158</b>
<b>I.2.4. Tratamiento biológico</b>	<b>165</b>
I.2.4.1. Fangos activos	165
I.2.4.1.1. Reactor biológico	165
I.2.4.1.1.1. Balance de Masas	166
I.2.4.1.1.2. Parámetros de diseño y condiciones de funcionamiento	167
I.2.4.1.1.3. Dimensionamiento	168
I.2.4.1.2. Decantador secundario	178
<b>II. LINEA DE FANGO. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO</b>	<b>181</b>
<b>II.1. DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES Y CARGAS DE DISEÑO</b>	<b>181</b>
<b>II.2. ESTABILIZACIÓN AEROBIA</b>	<b>181</b>
<b>II.3. ESPESAMIENTO POR GRAVEDAD</b>	<b>186</b>
<b>II.4. DESHIDRATACIÓN DE FANGOS</b>	<b>191</b>
<b>III. SISTEMA DE DESODORIZACIÓN</b>	<b>195</b>
<b>III.1. CAUDALES A DESODORIZAR</b>	<b>195</b>
III.1.1. Desbaste y Desarenado-Desengrasado	195
III.1.2. Digestión aerobia	196
III.1.3. Espesado	196
III.1.4. Deshidratación	197
III.1.5. Caudal total	197
<b>III.2. BALANCES DE MATERIA</b>	<b>198</b>
III.2.1. Balance de materia al H <sub>2</sub> S	198
III.2.2. Balance de materia al NH <sub>3</sub>	200

III.2.3. Balance de materia al NaOCl	201
III.2.4. Balance de materia al NaOH	202
III.2.5. Balance de materia al H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	204
III.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DESODORIZACIÓN	206
III.3.1. Diámetro de la torre de absorción	206
III.3.2. Número de unidades de transferencia (NUT)	209
III.3.3. Altura de la unidad de transferencia (AUT)	215
III.3.4. Altura del lecho de relleno	216
III.3.5. Volumen del lecho de relleno	216
III.3.6. Pérdida de presión en el relleno	217
III.3.7. Separador de gotas	218
III.3.8. Altura de líquido en la columna	220
III.3.9. Altura total de la columna	221
III.3.10. Conducciones	221
III.3.10.1. Diámetro de la tubería de aspiración de líquido de recirculación	221
III.3.10.2. Velocidad del fluido en la tubería de aspiración de líquido...	222
III.3.10.3. Diámetro de la tubería de impulsión de líquido...	223
III.3.10.4. Velocidad del fluido en la tubería de impulsión de líquido...	223
III.3.10.5. Diámetro de la tubería de dosificación de reactivo	224
III.3.11. Selección de Bombas	224
III.3.11.1. Bombas de recirculación	224
III.3.11.2. Bombas dosificadoras	227
III.3.12. Ventilador	227
<b><u>ANEXO 2. CÁLCULOS TABULADOS</u></b>	<b>230</b>
<b><u>ANEXO 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS RELLENOS</u></b>	<b>232</b>
<b><u>ANEXO 4. SEPARADOR DE GOTAS</u></b>	<b>234</b>
<b><u>ANEXO 5. CONDUCCIONES PVC</u></b>	<b>237</b>
<b><u>ANEXO 6. EQUIPOS DE BOMBEO</u></b>	<b>239</b>
<b><u>ANEXO 7. VENTILADOR</u></b>	<b>244</b>
<b><u>ANEXO 8. DEPÓSITOS</u></b>	<b>252</b>

<b><u>ANEXO 9. SISTEMA DE CONTROL Ph/Redox</u></b>	<b>258</b>
<b><u>ANEXO 10. REACTIVOS</u></b>	<b>268</b>
<b><u>ANEXO 11. ESTUDIO DE EXPLOTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE OLORES</u></b>	<b>281</b>
<b><u>DOCUMENTO N° 2: PLANOS</u></b> .....	<b>287</b>
PLANO N° 1	288
PLANO N° 2	289
PLANO N° 3	290
PLANO N° 4	291
PLANO N° 5	292
PLANO N° 6	293
PLANO N° 7	294
<b><u>DOCUMENTO N° 3: PLIEGO DE CONDICIONES</u></b> .....	<b>295</b>
1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO	296
2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	300
2.1. Condiciones generales facultativas	300
2.2. Condiciones generales económicas	314
2.3. Condiciones generales legales	332
3. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES, DISPOSITIVOS E INSTALACIONES	340
3.1. Condiciones generales de los materiales	340
3.2. Condiciones particulares de los distintos materiales	342
4. EJECUCIÓN Y CONTROL DE LAS OBRAS	354
<b><u>DOCUMENTO N° 4: PRESUPUESTO</u></b> .....	<b>374</b>
1. ESTADO DE MEDICIONES	375
2. PRECIOS UNITARIOS	381
3. PRESUPUESTOS PARCIALES	385
4. PRESUPUESTO GENERAL	389

**DOCUMENTO N° 1:**

**MEMORIA**



## **MEMORIA**

### **Memoria Descriptiva**

## **1. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

---

El presente proyecto tiene por objeto la justificación, selección y diseño de un sistema de tratamiento de olores para la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Conil de la Frontera, así como la definición y redimensionamiento de los equipos y unidades de tratamiento del agua residual, que sirven como base de diseño para el citado sistema de desodorización.

El desarrollo de este proyecto se divide en dos partes claramente diferenciadas, no obstante, ambas están unidas entre sí, debido a que el resultado de una, el redimensionamiento de las unidades de tratamiento, es la base de partida para la otra, la selección y diseño del sistema de desodorización adecuado para dichas unidades de tratamiento.

El progresivo aumento demográfico registrado en Conil de la Frontera en los últimos años y el salto poblacional que sufre en verano debido a la actividad turística dejan entrever la posibilidad de que las unidades actuales en la EDAR no tengan la suficiente capacidad de tratamiento para los caudales producidos en el municipio. Un estudio demográfico pone de manifiesto la necesidad de redimensionamiento de las unidades.

El aumento de sensibilización de la sociedad con el medio ambiente junto con las normativas cada vez más restrictivas en la emisión de gases nocivos y molestos a la atmósfera hacen que la depuración de gases y eliminación de olores tengan cada vez más importancia.

En el tratamiento de las Aguas residuales el control del olor es uno de los intereses primarios, la buena gestión del proceso y el quehacer cuidadoso puede reducir los malos olores, pero en la mayoría de los casos todavía se requerirá algún método para la reducción del olor.

Es necesario minimizar al máximo el impacto ambiental que producen los olores en las instalaciones medio ambientales, especialmente si se ubican cerca de áreas residenciales, caso de la EDAR objeto de este proyecto que se sitúa a 300 metros aproximadamente de la

línea de viviendas mas cercana. Esta necesidad se ve incrementada por la frecuencia de vientos en la zona. La EDAR no cuenta actualmente con ningún sistema de tratamiento de olores.

## 2. ANTECEDENTES

---

### 2.1. UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La EDAR objeto de este proyecto se encuentra emplazada en el término municipal de Conil de la Frontera, al sureste del municipio. En la carretera A-2233, km 0,3 dirección El Palmar como se recoge en el PLANO 1 de Localización.

Latitud            36°16'33.21"N  
Longitud          6° 4'38.16"W



Figura 2.1 Emplazamiento E.D.A.R.

## **2.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES**

La Estación Depuradora trata el agua residual procedente del municipio, dicha agua residual posee la siguiente carga contaminante:

**Tabla 2.1. Carga contaminante**

DQO(mg/l)	910
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	405,5
SS (mg/l)	215,5
Nitrógeno total (mg/l)	48
Fósforo total (mg/l)	11
pH	7.4

Debido a la gran variabilidad que experimenta la población en las distintas estaciones del año (invierno y verano), la EDAR incluye dos líneas completas de agua y fango, pudiéndose utilizar en cualquier momento una o las dos dependiendo del caudal de entrada. Además, completando el tratamiento de las aguas residuales, existe vecino a la desembocadura del río Salado una Estación de Bombeo de Aguas Residuales.

La EDAR está diseñada para tratar el agua residual producida en el municipio por 21000 habitantes equivalentes en invierno y 50000 habitantes equivalentes en verano, esto en términos de caudal quiere decir que la EDAR tiene una capacidad de tratamiento de 5250 m<sup>3</sup>/día y 12500 m<sup>3</sup>/día en invierno y verano respectivamente, suponiendo una dotación de 250 l/hab./día.



Figura 2.2 Distribución recintos

### 2.2.1. Estación de Bombeo (EBAR)

El agua residual bruta es conducida a una estación de bombeo donde es sometida a un predesbaste mediante un pozo de gruesos y una reja automática de 50 mm. A continuación el agua entra en el pozo de bombeo desde donde es impulsada a la arqueta de llegada de la planta.

### 2.2.2. Línea de agua

#### 2.2.2.1. Desbaste

Tras la arqueta de llegada el agua residual pasa al pretratamiento, donde la primera unidad que se encuentra instalada es el desbaste.

Los objetivos en este paso son:

- Proteger a la E.D.A.R. de la posible llegada intempestiva de grandes objetos capaces de provocar obstrucciones en las distintas unidades de la instalación.
- Separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos posteriores.



Aquí se eliminan los sólidos gruesos y sedimentables por intercepción (retención en superficie) de tres rejas automáticas de desbaste de finos de 10 mm.



**Figura 2.3 Rejas de desbaste**

#### **2.2.2.2. Desarenado-Desengrasado**

El desarenado y desengrasado pueden realizarse de forma separada o conjuntamente en un mismo depósito como ocurre en este caso. La función del desarenado es separar los elementos pesados en suspensión (arenas, arcillas, limos) que lleva el agua residual y que perjudica al tratamiento posterior. La retirada de estos sólidos se realiza en depósitos, donde se remansa el agua, se reduce la velocidad del agua, aumentando la sección de paso. Las partículas en suspensión, debido al mayor peso, se depositan en el fondo del depósito denominado desarenador. Este mismo depósito realiza la función de desengrasar el agua residual, ya que estas grasas pueden crear problemas en los procesos de depuración siguientes. Este desengrasado se caracteriza por poseer dos fases: la emulsión de las grasas mediante aireación permitiendo el ascenso a la superficie y la separación de dichas grasas por medio de rasquetas superficiales <sup>[2]</sup>.

En el último tramo del pretratamiento se encuentra el medidor de caudal y una arqueta de reparto para la distribución del agua.

Los residuos del desbaste, las arenas y las grasas se almacenan en contenedores.

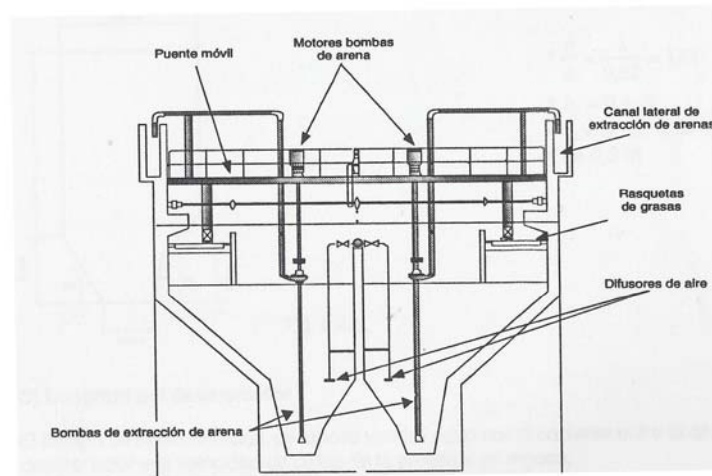


Figura 2.4 Desarenador-Desengrasador [2]

### 2.2.2.3. Decantación primaria

El tratamiento primario realizado en la EDAR de Conil de la Fra. se basa en una decantación primaria.

El efluente del pretratamiento se distribuye a dos decantadores primarios de 19 metros de diámetro y 856 m<sup>3</sup> cada uno. El objetivo fundamental de esta decantación es la eliminación de los sólidos sedimentables. La reducción de la velocidad de la corriente por debajo de un determinado valor (en función de la eficacia deseada en la decantación), es el fundamento de la eliminación de un 50 a un 60 por cien de las materias en suspensión del influente. Al depositarse estas partículas de fango, arrastran en su caída una cierta cantidad de bacterias, con lo que se alcanza también en este tipo de tratamiento una reducción de la DBO y una cierta depuración biológica.

Los elementos fundamentales de todo decantador son la entrada del efluente, que difunde homogéneamente la corriente de alimentación desde el primer momento; los deflectores, para conseguir una buena repartición del caudal afluente y la retención de las sustancias flotantes, grasas y espumas; el vertedero de salida, su nivelación es muy importante para el funcionamiento correcto de la clarificación; y las características geométricas, las relaciones entre ellas deben ser las adecuadas para la sedimentación de los tipos de partículas previstas [2].

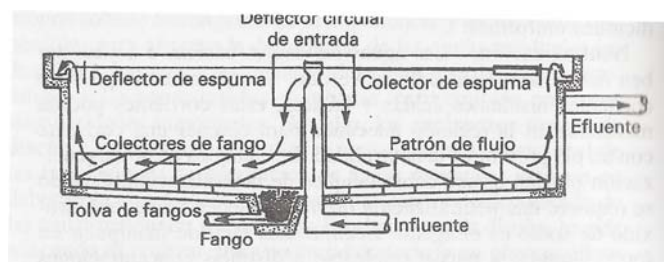


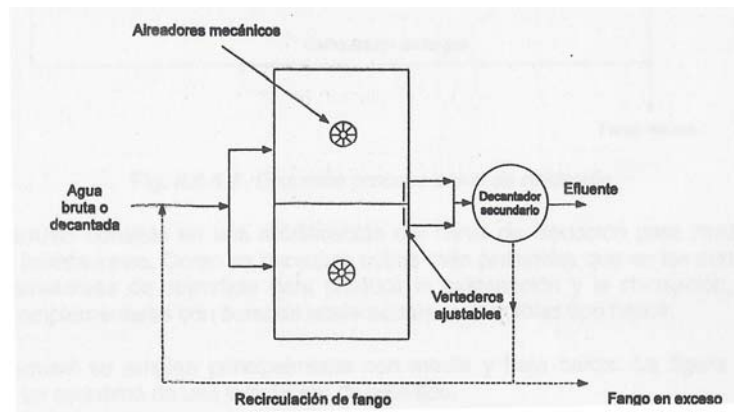
Figura 2.5 Decantador primario [7]

#### 2.2.2.4. Tratamiento biológico

El agua decantada pasa a dos tanques de aireación de 1500 m<sup>3</sup> cada uno, equipados con dos turbinas superficiales de 50 CV/ud. Dentro de los múltiples procesos biológicos de tratamiento, el proceso instalado actualmente en la EDAR de Conil de la Fra. es el de fangos activos.

La mayoría de los procesos que tienen lugar en la depuración del agua residual están ligados a procesos biológicos. El objetivo del proceso biológico es la eliminación, estabilización o transformación de la materia orgánica, presente en las aguas como sólidos no sedimentables. El proceso tiene lugar por medio de la actividad de los microorganismos del agua residual que actúan sobre la materia orgánica carbonosa suspendida coloidal y disuelta convirtiéndola en gases y tejido celular. Dado que el tejido celular tiene mayor peso específico que el agua, el tejido resultante puede eliminarse del agua residual por decantación.

El proceso de fangos activos consiste en un reactor biológico seguido de una decantación. El reactor biológico, donde se mantienen los microorganismos y los flóculos en suspensión, sirve para que dichos microorganismos lleven a cabo su acción metabólica, lográndose la floculación de las partículas en suspensión. Una vez alcanzada la floculación adecuada, las aguas pasan al decantador secundario donde se realiza la separación sólido-líquido [2].



**Figura 2.6 Tratamiento biológico mezcla completa** [2]

El proceso de fangos activos puede realizarse según varios sistemas funcionales dependiendo de distintos factores como son la forma de alimentación de agua al reactor biológico, la recirculación impuesta, el tiempo de retención del agua en el reactor biológico, la técnica de aireación y agitación, eliminación de nutrientes, etc.

El esquema funcional instalado en la EDAR actualmente consta de un *reactor mezcla completa* seguido de una decantación secundaria. En este tipo de reactores la entrada de alimentación agua-fango se realiza en un solo punto, manteniendo un sistema de agitación y una disposición de la entrada y la salida, en forma tal, que se conserve la homogeneización de la mezcla en todo el tanque.

#### 2.2.2.5. Decantación secundaria

El tratamiento biológico se completa en dos decantadores secundarios de 23 metros de diámetro y 1150 m<sup>3</sup> similares a los instalados para la decantación primaria.

La unidad de decantación secundaria es parte fundamental del proceso de fangos activos para conseguir los objetivos de calidad relativos a los sólidos en suspensión y DBO asociados a los sólidos suspendidos volátiles en el efluente.

La eficacia global de los fangos activos depende mucho del decantador. Para el funcionamiento se debe exigir tanto una adecuada capacidad de clarificación como de espesamiento.

Los decantadores estáticos con succión de fangos se utilizan principalmente en el campo del tratamiento de aguas residuales por fangos activados, en el que es importante que se reduzca el tiempo de permanencia de estos fangos en el decantador, con el fin de evitar su degradación <sup>[2]</sup>.

En los decantadores circulares de diámetro inferior a 40 m, se utiliza generalmente un puente radial de arrastre del que es solidaria una canaleta a la que llega un cierto número de tubos que quedan sumergidos casi hasta el fondo del aparato.

Los fangos recogidos pasan a un pozo de bombeo desde donde parte se recircula de nuevo a los reactores biológicos y el excedente se evacua a la línea de fangos para ser procesado.

El agua decantada se envía a la cámara de cloración y posteriormente se vierte al río Salado según las especificaciones de depuración.

### **2.2.3. Línea de fango**

#### **2.2.3.1. Estabilización de los fangos**

Los fangos mixtos procedentes de la decantación primaria y secundaria se someten en primer lugar a un proceso de estabilización aerobia en dos tanques de 1500 m<sup>3</sup> cada uno, aireados y agitados por tres turbinas superficiales de 40 CV.

La digestión aerobia es un proceso biológico en la que se obtiene la oxidación de las materias biodegradables contenidas en los fangos así como de la masa celular. Se basa en el principio de que cuando no existe alimento externo disponible, los microorganismos metabolizan su propia masa celular, fenómeno que se conoce como respiración endógena.

Así los digestores aerobios funcionan según el principio de aireación prolongada, en la modalidad de respiración endógena. Se trata pues, de la aireación continua del fango, sin añadir más alimento que el propio fango, hasta conseguir una destrucción muy elevada de los sólidos en suspensión volátiles <sup>[2]</sup>.

### 2.2.3.2. Espesamiento de fangos

Posterior a la estabilización aerobia tiene lugar el espesamiento por gravedad de los fangos en un tanque circular de 13,5 metros de diámetro y 623 m<sup>3</sup>.

El espesamiento es un procedimiento que se emplea para aumentar el contenido de sólidos del fango por eliminación de parte de la fracción líquida del mismo.

El espesamiento por gravedad se lleva a cabo en un tanque de diseño similar al de un decantador convencional, empleándose en este caso tanques circulares, como se muestra en la figura 2.7.

Los mecanismos convencionales de recogida de fangos consisten en dispositivos dotados de rascadores profundos, que remueven el fango lentamente, promoviendo la apertura de canales para proporcionar salida al agua, favoreciendo así la concentración.

El fango espesado que se recoge en el fondo del tanque se bombea a los equipos de deshidratación según las necesidades [2].

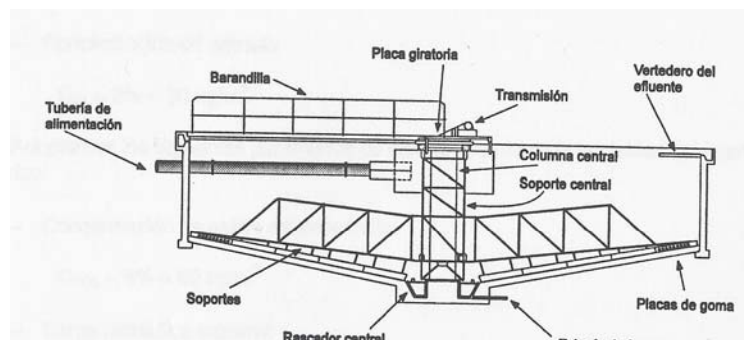


Figura 2.7 Espesador de gravedad circular [2]

### 2.2.3.3. Deshidratación de fangos

Una vez concentrados, los fangos se envían al edificio de secado para su deshidratación final mediante filtros banda.

La eliminación de agua de los fangos se consigue en tres escalones: espesado, deshidratación y secado. Para el agua libre e intersticial basta con el espesado de fangos.



Para la separación del agua capilar y de adhesión es necesaria una deshidratación, donde se precisan fuerzas mecánicas (filtros banda) o fuerzas gravitatorias complementarias (centrifugas).

Para la deshidratación del fango procedente del espesado se utilizan en este caso filtros bandas que son dispositivos de alimentación continua que incluyen el acondicionamiento químico, drenaje por gravedad y aplicación mecánica de presión para deshidratar el fango.

El acondicionamiento químico tiene por finalidad producir una aglomeración de las partículas en forma de flóculos. Normalmente los reactivos minerales se adaptan mejor a una deshidratación por los filtros de vacío y filtros prensa, y los reactivos orgánicos a las centrifugas y filtros banda.

Los polielectrolitos orgánicos de síntesis están constituidos por largas cadenas monomoleculares y que producen una floculación extremadamente diferenciada por formación de puentes entre partículas gracias a largas cadenas ramificadas.

Posteriormente al acondicionamiento químico el fango llega al filtro banda.

En la mayoría de los filtros banda, el fango acondicionado es introducido, en primer lugar, en una zona de drenaje por gravedad donde se produce su espesado. En esta fase, la mayor parte del agua libre se elimina por gravedad. A continuación, el fango pasa a una zona de baja presión donde es comprimido entre dos telas porosas opuestas. En algunas unidades, esta zona de aplicación de baja presión va seguida de otra de alta presión, en la que el fango se somete a esfuerzos tangenciales a medida que las bandas pasan a través de una serie de rodillos. Estos esfuerzos de prensado y tangenciales favorecen la liberación de cantidades adicionales de agua contenida en el fango. La torta de fango deshidratado se separa de las bandas mediante rascadores <sup>[2]</sup>.

La figura 2.8 muestra un esquema del proceso:

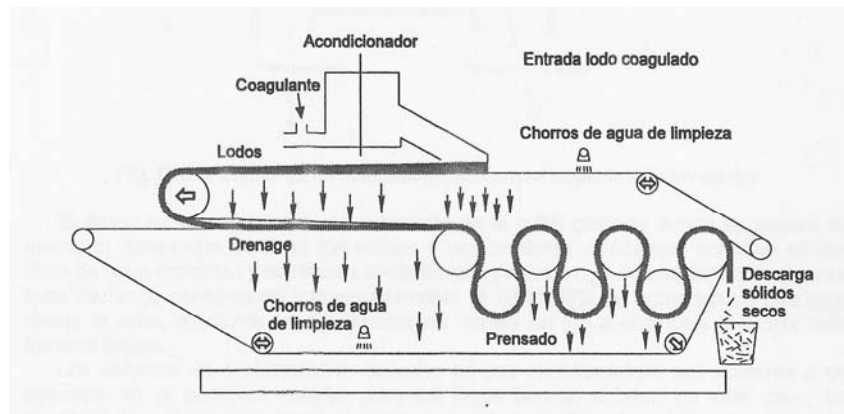


Figura 2.8 Filtro banda [2]

El sistema de filtros banda está formado por:

- Bombas de alimentación de fango al filtro
- Equipos de dosificación de polielectrolito
- Bombas de lavado de agua
- Floculador, para conseguir una mezcla íntima fango-polielectrolito
- Filtro banda
- Cinta o tornillo para evacuar la torta de fango seco

### 2.3. EL PROBLEMA DEL OLOR

Según el Ministerio de Medio Ambiente se define la contaminación atmosférica como la condición en que ciertas sustancias, de origen antropogénico o natural, están presentes en concentraciones más altas que las habituales para un ambiente normal.

Según esta definición, los componentes causantes de episodios de olor deben ser considerados como contaminantes en tanto que no se encuentran habitualmente en una atmósfera limpia, libre de actividades antropogénicas o de fenómenos naturales poco habituales.

En el alcance de este proyecto se considera uno de los aspectos preocupantes de la presencia de estos compuestos en el ambiente: el hecho de que provoquen molestias en las personas que los detectan debido a un olor característico, independientemente de que sean causa o no de otros efectos negativos para la salud o el medio.

### **2.3.1. Características de la contaminación por olor**

La contaminación por olor se caracteriza por tener algunas diferencias notables con otros tipos de contaminación:

- El 'olor' es muy subjetivo y los efectos molestos dependen en gran medida de cada persona. Así, en un caso extremo, un determinado tipo de olor podría causar grandes molestias a una persona, mientras que otra podría soportarlo sin demasiada dificultad, o incluso podría resultarle agradable.

- El sentido del olfato es capaz de detectar concentraciones extremadamente pequeñas de componentes orgánicos presentes en el aire, dependiendo de la naturaleza del componente y de la persona. Esto hace que muchos procesos auxiliares de limpieza y depuración de corrientes no sean eficaces en cuanto a la eliminación de los olores de cierto tipo de sustancias. Asimismo, los umbrales olfativos (UO) son, frecuentemente, inferiores a los límites de detección de algunos dispositivos electrónicos de medición de olores.

- Si no hay un riesgo tóxico asociado, los efectos que provocan los compuestos malolientes no son tan graves como los que pueden provocar otros tipos de contaminación que pongan en peligro la salud pública.

Por lo general, un compuesto que tenga un UO muy inferior al límite de exposición (VLA), es susceptible de provocar problemas por episodios de olor a una concentración relativamente baja, antes de que tengan lugar consecuencias graves para la salud humana. No obstante, cuando estos dos valores son cercanos, o se da el caso de que el VLA es inferior al UO, el riesgo por toxicidad es más importante que los problemas derivados del mal olor, debido a la dificultad de detectar el contaminante mediante el sentido del olfato antes de que la concentración llegue a valores peligrosos para la salud <sup>[11]</sup>.

### **2.3.2. Clasificación de las fuentes de olor**

De forma muy general, las fuentes de olor molesto pueden ser clasificadas en dos grandes grupos según su origen:

- De origen natural (por procesos de fermentación aeróbica o anaeróbica, dando lugar a compuestos volátiles olorosos).

- De origen antropogénico (debidas a la actividad humana).

Este último tipo de fuente de olor tiene su presencia, en gran medida, en las actividades industriales, destacando las industrias alimentarias, las energéticas, las incineradoras y las plantas químicas.

Las fuentes de olor también son clasificadas según la forma en que los contaminantes son emitidos hacia una zona afectada:

- Emisión a través de focos específicos: el caso más frecuente en los procesos industriales en los que las corrientes de gases generadas en un determinado proceso son conducidas hacia chimeneas que los expulsan a la atmósfera, después de haber pasado por los tratamientos oportunos. Este tipo de contaminación por olor es el más destacable ya que los componentes olorosos son capaces de alcanzar distancias relativamente grandes antes de dispersarse y llegar una concentración lo suficientemente baja como para no provocar olor. Esta facilidad se debe a que el componente causante de malos olores se encuentra en forma gas y se emite a una velocidad inicial determinada, a una altura donde el viento lo transporta con facilidad.

- Emisiones difusas: se trata de componentes que se encuentran en almacenamientos, depósitos, tanques, balsas etc., donde el componente oloroso debe primero volatilizarse, y pasa a la atmósfera con una velocidad inicial ostensiblemente inferior que en el caso anterior. En consecuencia, las distancias recorridas son inferiores, y la dispersión se ve desfavorecida.

### **2.3.3. Efectos negativos de los episodios de olor**

- Efectos negativos para la imagen de una empresa.

Tradicionalmente, la imagen de la industria química ha estado siempre desfavorecida, debido a la peligrosidad de los productos con los que se trata, al riesgo de accidentes, a las emisiones de residuos y al impacto paisajístico.

Los episodios de olor sufridos en una zona urbana contribuyen a potenciar esta imagen negativa: si una cantidad importante de personas que residen cerca de una planta de procesos son conscientes de que esta última genera uno o varios tipos de olores desagradables que causan molestias, la popularidad de la empresa o planta de tratamiento de aguas residuales se puede ver perjudicada por la adopción, por parte de la población y de los trabajadores, de una actitud negativa contra dicha empresa.

- Efectos sociales.

El Tribunal Europeo de los Derechos Humanos ha determinado que la contaminación por olor puede llegar a afectar, en determinados supuestos, al derecho a la intimidad domiciliar de las personas.

Los episodios de olor provocan una disminución de la calidad de vida de una zona urbana afectada, debido a que los olores pueden ser molestos. Algunos tipos de olores pueden incluso ser la causa de diferentes síntomas (mareos, náuseas, etc.).

También pueden provocar alarma social en una población, difundiendo el temor entre los habitantes ante lo que podrían considerar una amenaza para su seguridad, ya que probablemente sea desconocido el hecho de que un tipo de olor en concreto tenga asociado un riesgo tóxico o no.

- Otros efectos.

Independientemente de los efectos negativos derivados de los episodios de olor, los componentes olorosos también pueden tener asociados otros efectos negativos para el

medioambiente y la salud, si la concentración a la que se encuentran en el medio es suficiente. Estos efectos no tienen porqué mantener una correlación con los diferentes tipos de olor.

A continuación se describen los efectos negativos que puede provocar la presencia de algunos compuestos causantes de malos olores:

### **EFFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA**

A bajas concentraciones, la influencia de los olores sobre el normal desarrollo de la vida humana tiene mas importancia por la tensión psicológica que generan que por el daño que puedan producir al organismo.

Los olores molestos suelen reducir el apetito, inducir a menores consumos de agua, producir desequilibrios respiratorios, náuseas y vómitos, y crear perturbaciones mentales. En condiciones extremas los olores desagradables pueden conducir al deterioro de la dignidad personal y comunitaria, interferir en las relaciones humanas, desanimar las inversiones de capital, hacer descender el nivel socioeconómico y reducir el crecimiento.

Algunos compuestos inorgánicos olorosos como el SO<sub>2</sub> (olor fuerte y sofocante), el O<sub>3</sub> (olor agradable) o los NO<sub>x</sub> (olor irritante) pueden provocar problemas respiratorios. Los casos más graves que se conocen son por inhalación de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, que han llegado a provocar incluso la muerte por asfixia.

Otros efectos sobre la salud son irritación, dolor de cabeza y efectos neurotóxicos, provocados por muchos tipos de sustancias olorosas, por ejemplo por algunos compuestos orgánicos como las aminas (olor a pescado) o disolventes orgánicos cíclicos como el hexano (olor a gasolina).

### **EFFECTOS SOBRE EL MEDIOAMBIENTE**

Los compuestos emitidos al aire pueden acabar contaminando las aguas y los suelos. De esta forma, estos ecosistemas pueden contaminarse, provocando tres tipos de efectos:

- Efectos tóxicos en las especies (ecotoxicología).



- Variación del pH del medio.
- Eutrofización (aumento de la cantidad de nutrientes en el medio, con el consecuente aumento del consumo de O<sub>2</sub>).

Algunos compuestos olorosos que pueden ser la causa de estos efectos son el NH<sub>3</sub>, y óxidos de nitrógeno y azufre (NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>).

#### **2.3.4. Normativas y niveles de olor tolerables**

Por lo general la sensibilidad pública hacia los problemas generados por los olores de las instalaciones de depuración de aguas residuales está incrementando. La población expuesta al mismo es cada vez mayor por la proximidad de los núcleos urbanos a las instalaciones existentes o en construcción. Las compañías encargadas de la gestión, la construcción y la administración pública están más concienciados del problema. Sin embargo, la legislación no ha evolucionado demasiado.

Las normas deben adaptarse a las nuevas situaciones, ya que hoy existe tecnología suficiente para cuantificar la molestia que se puede ocasionar, lo que pone un límite de control sobre los permisos.

En España no existe una legislación específica sobre la emisión de los olores. Se ha de recurrir a su regulación parcial e indirecta en el contexto de la autorización industrial:

- Decreto 883/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la ley 38/1972, de 22 de diciembre, de protección del ambiente atmosférico que en el ANEXO III en la relación de contaminantes atmosféricos alude al olor. También en el ANEXO IV sobre niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera de actividades industriales potencialmente contaminadoras a la atmósfera, en el punto 27 "Actividades industriales diversas no especificadas en este anexo" aparece el límite del H<sub>2</sub>S en 10 mg/Nm<sup>3</sup> pero no está establecida una limitación explícita a las emisiones de amoníaco. Para los contaminantes no especificados prevé subsidiariamente, en su art. 46, que sus emisiones serán tales que los niveles de inmisión resultantes no deberán rebasar la treintava parte de las concentraciones máximas permitidas en ambiente interior de las explotaciones industriales.

- Artículo 3 del Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, Decreto 2414/1961 de 30 de Noviembre de 1961 en que se establece los olores como actividad molesta.
- Jurisprudencia, sobre la base de los derechos fundamentales art. 1 de la Ley 62/78 y preceptos de la Constitución.
- En Andalucía, Decreto 74/1996, de 20 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de la Calidad del Aire (BOJA nº 30, 7 de marzo, 1996).

En general pueden encontrarse diversas normas relativas a la limitación de olores en varios países. En primer lugar se pueden distinguir entre normas antiguas y nuevas, al clasificarse respectivamente en aquellas que limitan las distancias mínimas de las instalaciones a zonas habitadas, y estándares que regulan las emisiones máximas.

Nuevas regulaciones han tenido lugar al reconocer a la molestia como parte importante del proceso. De esta forma se encuentran las que están caracterizadas por el mínimo impacto (Europa) "aproximación subjetiva", y las que se fijan en las emisiones indirectamente medidas o esperadas o "aproximación objetiva"

Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido unos valores de concentraciones medias en 24 horas para diferentes compuestos. Para recintos confinados la legislación de Seguridad e Higiene marca un valor límite umbral de media ponderada (8/40 horas semana laboral) en el tiempo TLV TWA y de límite de exposición de corta duración TLV-STEL (en 15 minutos).

Por lo general las áreas de concentración mayor suelen ser cerca de las zonas más bajas de los espacios confinados, especialmente si el aire es caliente y húmedo, las áreas de turbulencias en los colectores y las alcantarillas.

A modo informativo se presenta una tabla de valores para compuestos odoríferos en estado puro:

**Tabla 2.2 Niveles de concentración de los gases odoríferos** <sup>[11]</sup>

Sustancia	Límite de detección	Límite de reconocimiento	OMS	TLV TWA/STEL	Cost. Henry
H <sub>2</sub> S sulfuro de hidrógeno (1ppm=1,39 mg/m <sup>3</sup> )	0.2 - 2.0µg m <sup>-3</sup> 0,0005 ppm	0.6 - 6.0µg m <sup>-3</sup> 0,0047 ppm	7µg m <sup>3</sup>	14 / 21 mg/m <sup>3</sup> (10/15 ppm)	563.
NH <sub>3</sub> amoniaco	17 ppm	37 ppm		17/24 mg/m <sup>3</sup> (25/35 ppm)	0.843
CH <sub>3</sub> SH (metil mercaptano)	0.0005 ppm	0.0010 ppm		0.98 mg/m <sup>3</sup> 0.5 ppm	200
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH etil mercaptano	0.0003 ppm	0.001 ppm		1.3 mg/m <sup>3</sup> 0.5 ppm	200
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S dimetil sulfuro	0.001 ppm	0.034 - 0.115µg m <sup>3</sup> 0.001 ppm			110
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH dimetil amina	0.34 ppm			18 mg/m <sup>3</sup> 10 ppm	1.3
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N trimetil amina	0.0004 ppm			24/36 mg/m <sup>3</sup> (10/15 ppm)	

Un valor que parece haber tenido éxito en los estudios recientes de impacto por olor teniendo en cuenta como límite la fijación de un porcentaje de tiempo durante el cual se excede el olor un valor fijado es el siguiente:

- En áreas urbanas; la media de concentración del olor no deberá exceder 2,5 UO/m<sup>3</sup> para más de 2% de cada hora.
- En áreas no urbanas; la media de concentración del olor no deberá exceder 5 UO/m<sup>3</sup> para más de 2% de cada hora (por ejemplo 175 horas al año).

En Andalucía el valor límite para la calidad del aire viene dado por la consideración de 100 µg/m<sup>3</sup> para 30 minutos y 40 µg/m<sup>3</sup> para 24 horas <sup>[11]</sup>.

### **2.3.5. Olores en una E.D.A.R.**

Generalmente la mezcla de olores que pasan al ambiente en las instalaciones de depuración es muy amplia. La mezcla contiene así:

- Hidrocarburos alifáticos, aromáticos, clorados de agentes de limpieza (tolueno, xileno, etc.)
- Disolventes (hidrocarburos clorados)
- Derivados del petróleo (benceno)

- Olores asociados a residuos humanos como la urea y el escatol e inodol de las heces.
- Olores y gases generados durante el transporte y tratamiento como sulfuros, aminas, aldehídos, mercaptanos, CO<sub>2</sub>, etc. <sup>[11]</sup>.

En la siguiente tabla se presenta la relación de compuestos asociados a las instalaciones de agua residual:

**Tabla 2.3 Compuestos asociados al agua residual. P. Gostelow et. al. (2000) <sup>[11]</sup>**

<b>Sulfuros de hidrógeno</b>		
Sulfhídrico	H <sub>2</sub> S	Huevos rotos
Dimetilsulfuro	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	Vegetales podridos, ajo
Dietilsulfuro	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S	Éter
Difenilsulfuro	(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S	Desagradable, goma quemada
Dialilsulfuro	(CH <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> S	Ajo
Disulfuro de carbono	CS <sub>2</sub>	Vegetales podridos
Dimetildisulfuro	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	Putrefacción
Metil mercaptano	CH <sub>3</sub> SH	Col podrida, ajo
Etil mercaptano	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	Col podrida
Propil mercaptano	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> SH	Desagradable
Butil mercaptano	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> SH	Desagradable
tButil mercaptano	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> C <sub>3</sub> SH	Desagradable
Alil mercaptano	CH <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> SH	Ajo
Benzil mercaptano	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> SH	Desagradable
Thiocresol	CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SH	Mofeta, rancio
Thiofenol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> SH	Putrefacto, descomposición
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>	acre, picante, irritante
<b>Nitrogenados</b>		
Amoniaco	NH <sub>3</sub>	acre, picante
Metilamina	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	A pescado
Dimetilamina	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH	A pescado
Trimetilamina	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	A pescado, amoniacal
Etilamina	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	Amoniacal
Dietilamina	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	
Trietilamina	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> N	
Diaminas	NH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	Carne descompuesta
Piridina	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	Desagradable, irritante
Escatol	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> NH	Fecal
<b>Acidos</b>		
Acético	CH <sub>3</sub> COOH	Vinagre
Butírico	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	Rancio, Sudoroso
Pentanoico	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> COOH	Sudoroso
<b>Aldehidos y cetonas</b>		
Formaldehido	HCHO	Acre
Acetaldehido	CH <sub>3</sub> CHO	Fruta, manzana
Butiraldehido	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> CHO	Rancio, Sudoroso
Isobutiraldehido	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCHO	Fruta
Acetona	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	Fruta, dulce
Butanona	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> COCH <sub>3</sub>	Manzana verde

Como compuestos odoríferos característicos cabe destacar el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y el amoniaco (NH<sub>3</sub>), los cuales serán objeto de tratamiento en el presente proyecto.

En las plantas de tratamiento de aguas residuales hay distintas fuentes y procesos de emisión de compuestos olorosos, existiendo una variabilidad en el tiempo de las emisiones producidas por las características del proceso de producción, lo que hace que en general sea continua en largos periodos y discontinua en el día con un perfil regular.

Una referencia sobre las fuentes de emisiones de olores en aguas residuales es la realizada por Frechen (2001), basada en el trabajo sobre 32 instalaciones en Alemania. Las principales fuentes de emisión (porcentajes de respuesta a una encuesta entre 100 plantas que indican el proceso con fuente de olor) son:

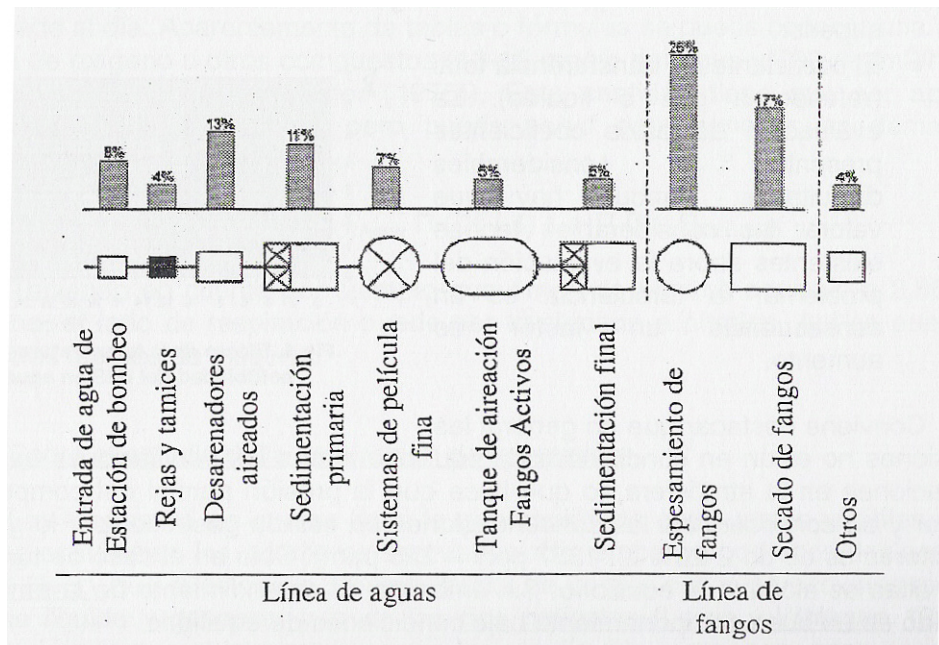


Figura 2.9 Fuentes de emisión <sup>[11]</sup>

Se observa cómo las 3 fuentes con mayor porcentaje de emisión de olor son el espesamiento de fango (26%), secado o deshidratación de fangos (17%) y los desarenadores aireados (13%).

### 3. REDIMENSIONAMIENTO DE LAS UNIDADES DE DEPURACIÓN

#### 3.1. ESTUDIO DEL AUMENTO POBLACIONAL

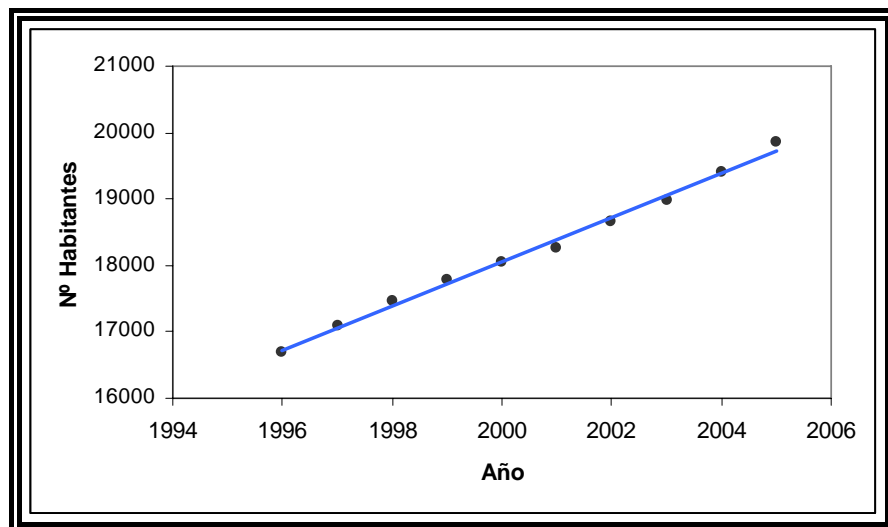
El estudio demográfico del municipio de Conil de la Frontera se realiza como imprescindible primer paso para la estimación de la población futura y la justificación del progresivo aumento poblacional para el redimensionamiento de una EDAR capaz de tratar el agua residual producida, tanto en invierno como en época estival.

Según el departamento de Estadística del Exmo. Ayuntamiento de Conil de la Frontera la población censada en el municipio en los últimos diez años se refleja en la siguiente tabla:

**Tabla 3.1 Población censada**

<b>AÑO</b>	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>Habitantes</b>	16687	17089	17470	17773	18036	18269	18656	18979	19417	19850

Representando gráficamente estos datos, se observa la tendencia ascendente de la población:



**Figura 3.1 Evolución de la población censada**

Teniendo en cuenta esta tendencia ascendente de la población se puede calcular el número de habitantes en el municipio para el año horizonte fijado en 2027, con la regresión aplicada a los datos de población anteriores:

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ habitantes} &= 334,48 \times \text{Año} - 650914 \quad (1) \\ R^2 &= 0,9942 \end{aligned}$$

Se obtienen 26742 habitantes (población de derecho) para el año horizonte.

No obstante, en Conil de la Frontera se da una gran actividad turística a lo largo del año, que no viene reflejada en estos datos censados, por lo que se debe estimar este aumento de población temporal que en definitiva será el que justifique la necesidad de la ampliación de las unidades de tratamiento de la EDAR actual.

Los picos en el aumento de población se darán durante el período de verano, por tanto, realizando un estudio de población en estos períodos se obtendrá la población de hecho punta que servirá como base de cálculo.

Para evidenciar este aumento poblacional, se parte del estudio realizado por la Oficina de Turismo del municipio, en el cual se hace un recuento mensual del número de personas que reciben atención en dicha oficina a lo largo del año 2006:

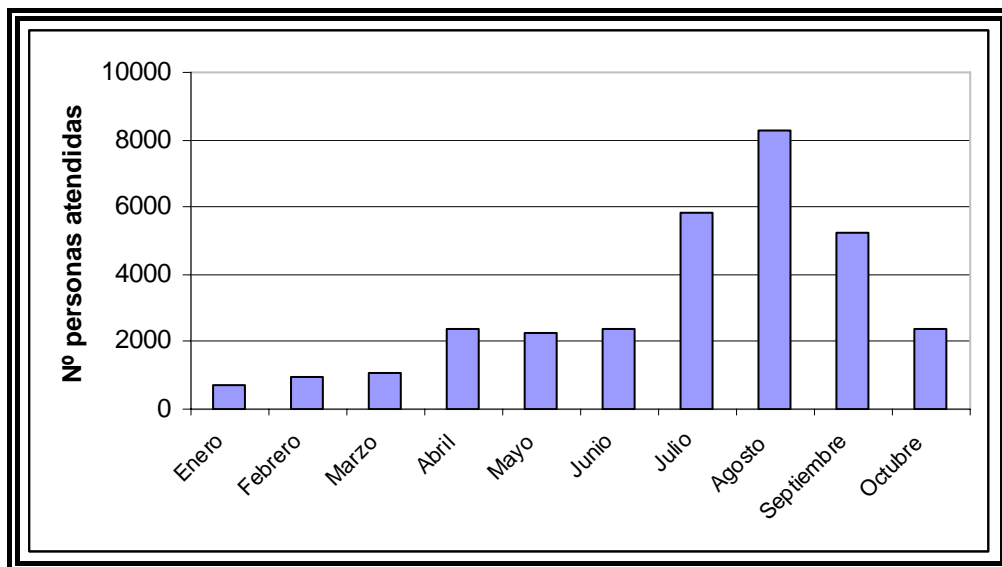


Figura 3.2 N° de personas atendidas mensualmente

Es evidente el aumento de los servicios prestados por la Oficina de Turismo en el período de verano, siendo en el mes de Agosto doce veces mayor que en el de Enero.

La evolución ascendente de la población censada, el incremento poblacional temporal y la progresiva expansión turística en la zona que se viene produciendo desde los últimos años demuestran el aumento demográfico sufrido en Conil de la Frontera.

Según resultados de este estudio el número de habitantes en el mes de Agosto triplica al existente en la temporada invernal, por lo que, a efectos de cálculo se considerará tres veces superior la población en verano que la obtenida para el año horizonte con (1).

Base de cálculo poblacional = 3 x población de derecho año horizonte

Base de cálculo poblacional = 3 x 26742 hab. = 80226 habitantes

Se tomarán 81000 habitantes como población de diseño para el redimensionamiento de las unidades de tratamiento.

Según se especificó en la sección 2.2. de esta memoria, la EDAR actual de Conil de la Frontera está dimensionada para un máximo de 50000 habitantes, menor que el número de habitantes residentes en verano, de forma que se podría dar una incapacidad para tratar el caudal que llegaría en algún momento a las instalaciones.

### **3.2. LÍNEA DE AGUA**

Para el redimensionamiento de la línea de agua se considera que las características del agua residual que llega a la EDAR no han cambiado con el tiempo desde que se realizó el dimensionamiento inicial de la Estación Depuradora, de manera que no se estima necesario un estudio y selección de las alternativas para la depuración. Así pues, se realiza el redimensionamiento de las unidades de tratamiento presentes en la EDAR en la actualidad, como son, desbaste y desarenador-desengrasador, decantación primaria, tratamiento biológico por fangos activos y decantación secundaria.

Se realiza una descripción detallada de las características de las unidades de tratamiento redimensionadas, en base a los cálculos justificativos realizados en el ANEXO 1.



### 3.2.1. Caudales de diseño

Según los cálculos realizados en el ANEXO 1, teniendo en cuenta una dotación por habitante de 250 L/hab./día<sup>[1]</sup>, se tienen unos caudales de diseño reflejados en la siguiente tabla:

**Tabla 3.2 Caudales de diseño**

	Invierno	Verano
Población (Nº hab.)	27000	81000
Dotación (L/hab./día)	250	250
$Q_{med}$ (m <sup>3</sup> /h)	281,25	843,75
$Q_{min}$ (m <sup>3</sup> /h)	97,43	351
$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /h)	500,28	1373,42
$Q_{punta}$ (m <sup>3</sup> /h)	811,9	2028,12

Para el redimensionamiento se toman como caudales de diseño aquellos que impliquen la situación más desfavorable, es decir, los caudales relativos al verano.

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado I .1.2.

### 3.2.2. Canal de entrada

Se diseña un único canal de entrada que deberá tener una capacidad de transporte igual al máximo caudal que pueda llegar a la EDAR, esto es, igual al caudal punta en la época estival.

**Tabla 3.3 Dimensiones del canal de entrada**

Ancho(m)	Altura(m)	Superficie(m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado(m)	Rh <sup>2/3</sup> (m)	v(m/s)	Q(m <sup>3</sup> /h)
0,4	1	0,4	2,4	0,3028	1,529	2202,68

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado I .2.1.

### **3.2.3. Desbaste**

El desbaste se realiza por medio de rejillas, y tiene como objeto retener y separar los cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión que arrastra consigo el agua residual.

Se dispondrán 3 canales de desbaste con rejillas de medios de 30 mm, entre las que se podrá repartir el caudal punta. El desbaste incluirá un canal adicional con una reja de limpieza manual, que será utilizada en casos de mantenimiento y limpieza de la reja automática.

Las características de cada canal de desbaste son:

- Pendiente del canal: 0,5%
- Sección: rectangular
- Ancho del canal: 0,4 m
- Separación libre entre barrotes:  $s = 30 \text{ mm}$
- Ancho de los barrotes:  $a = s/2 = 15 \text{ mm}$

Los canales de desbaste tienen una anchura en la zona de rejillas de 0,80 metros, produciendo éstos una pérdida de carga de 0,085 m.

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado I .2.2.1.

### **3.2.4. Desarenador-Desengrasador**

El desarenado y desengrasado pueden realizarse de forma separada o conjuntamente en un mismo depósito <sup>[2]</sup>. Se opta por el diseño conjunto ya que las velocidades de sedimentación de las arenas y de flotación de las partículas de grasa no se modifican prácticamente, algo lógico debido a la diferencia de densidades entre las partículas de arena y de grasa.

Se diseñan 2 tanques de desarenado-desengrasado, cada uno de ellos con capacidad de la mitad del caudal punta de verano,  $1014,06 \text{ m}^3/\text{h}$ , de forma que podrá actuar uno solo o ambos simultáneamente dependiendo del caudal de llegada.

Se eliminarán partículas de arena con un diámetro mínimo de 0,15 mm, para ello las dimensiones de cada uno de estos dos canales de desarenado-desengrasado resultantes son:

**Tabla 3.4 Dimensiones desarenador-desengrasador**

Anchura(m)	Longitud(m)	Profundidad(m)	Volumen(m <sup>3</sup> )	THR(min.)
2,9	12	2	69,6	3,53

Con estas dimensiones la necesidad de oxigenación de cada una de las líneas es de 120 m<sup>3</sup>/h.

Balance final:

**Tabla 3.5 Balance desarenador-desengrasador**

	Entrada	%Reducción	Salida
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	405,5	2,5	395,36
SS (mg/l)	215,5	5	204,72
DQO (mg/l)	910	2,5	887,25
DBO <sub>5</sub> (kg/h)	342,14	2,5	333,59
SS (kg/h)	181,83	5	172,74
DQO (kg/h)	767,81	2,5	748,62

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado I.2.2.2.

### **3.2.5. Decantador primario**

El objetivo fundamental de la decantación primaria es la eliminación de los sólidos sedimentables. La reducción de la velocidad de corriente por debajo de un determinado valor es el fundamento de la eliminación de un 50 a 60 por 100 de las materias en suspensión del influente.

Sirven como decantadores todos los depósitos que sean atravesados con velocidad suficientemente lenta y de forma adecuada por el agua a depurar. Su forma puede ser rectangular, cuadrada o circular.

Se opta en este caso por el diseño de 2 líneas de decantación primaria que se repartirán el total del caudal influente, eligiendo decantadores circulares para dicho diseño.

Las dimensiones de cada uno de los dos decantadores diseñados se reflejan a continuación:

**Tabla 3.6 Dimensiones decantadores primarios**

Superficie (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Radio (m)	h' (m)	hr (m)	Long. vertedero(m)	Volumen poceta(m <sup>3</sup> )
405,63	2,5	1014,06	11,36	0,34	2,84	71,38	5,7

Balance final:

**Tabla 3.7 Balance decantador primario**

	Entrada	%Reducción	Salida
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	395,36	35	256,98
SS (mg/l)	204,725	55	92,13
DQO (mg/l)	887,25		
DBO <sub>5</sub> (kg/h)	333,59	35	216,83
SS (kg/h)	172,74	55	77,733
DQO(kg/h)	748,62		

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado I .2.3.

### 3.2.6. Tratamiento biológico

Dentro de los múltiples procesos biológicos de tratamiento se realiza el diseño de un proceso similar al instalado actualmente en la EDAR de Conil de la Fra., el proceso de fangos activos.

El fundamento del sistema de fangos activos reside en la propiedad que tiene el agua residual (una vez eliminados de la misma los sólidos sedimentables) al ser sometida durante algún tiempo a la inyección de aire, de producir la coagulación de aquellas sustancias en suspensión que, por su estado son incapaces de sedimentar solas. Esta coagulación determina su sedimentación [2].

Todo este proceso tiene lugar por medio de la actividad de los microorganismos del agua residual que actúan sobre la materia orgánica carbonosa suspendida coloidal y disuelta convirtiéndola en gases y tejido celular.

Al igual que para la elección del tipo de tratamiento biológico, se hace un reflejo del esquema funcional instalado en la EDAR actualmente, diseñándose un *reactor mezcla completa* seguido de una decantación secundaria. En este tipo de reactores la entrada de alimentación agua-fango se realiza en un solo punto, manteniendo un sistema de agitación y una disposición de la entrada y la salida, en forma tal, que se conserve la homogeneización de la mezcla en todo el tanque.

El esquema del proceso queda reflejado en la figura siguiente:

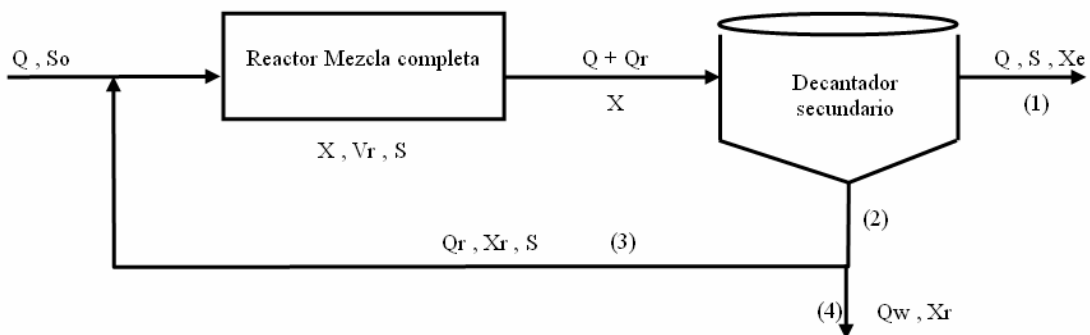


Figura 3.3 Esquema del proceso biológico

A la salida del reactor biológico la mezcla de agua y fangos (licor mezcla) pasa a la decantación secundaria. El agua decantada constituye ya el efluente depurado (1). Los fangos sedimentados se extraen del decantador (2), una parte se recircula al reactor biológico (caudal de recirculación) (3) y el resto es retirado del sistema para su estabilización (fangos en exceso) (4).

Se disponen 2 reactores de mezcla completa que podrán repartir el caudal total de entrada, cada uno con las siguientes características:

- Caudal medio (m <sup>3</sup> /h):	843,75
- Volumen (m <sup>3</sup> ):	3072
- Profundidad (m):	4
- Largo (m):	48
- Ancho (m):	16
- Tiempo de retención (h):	7,28
- Rendimiento (%):	90,27
- Necesidad real de O <sub>2</sub> (Kg/d):	7015,11
- Potencia instalada (KW):	150
- Caudal de recirculación (m <sup>3</sup> /h):	401,29
- Fangos en exceso (Kg SST/d):	1239,22

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado I .2.4.

### **3.2.7. Decantador secundario**

Del mismo modo que en la decantación primaria se utilizan tanques circulares de decantación.

En la decantación secundaria el caudal que llega es la suma del caudal de entrada al proceso más el caudal de recirculación impuesto en la unidad de fangos activos. De esta forma el caudal que llega a los decantadores secundarios es mas elevado que el caudal que llega a la decantación primaria, por lo que, debido a este hecho, se diseñan 2 decantadores por cada uno de los tanques de mezcla completa diseñados para el proceso de fangos

activos, resultando un total de 4 decantadores secundarios, todos con las siguientes características:

- Caudal medio (m <sup>3</sup> /h):	822,66
- Caudal punta (m <sup>3</sup> /h):	988,71
- Volumen (m <sup>3</sup> ):	1977
- Profundidad (m):	3
- Diámetro (m):	29
- Superficie (m <sup>2</sup> ):	660,52

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado I .2.4.1.2.

### **3.3. LÍNEA DE FANGO**

Al igual que en el diseño de la línea de agua, se realiza el redimensionamiento de las unidades de tratamiento existentes actualmente en la EDAR de Conil de la Frontera: estabilización, espesamiento y deshidratación de fangos.

#### **3.3.1. Caudales y cargas de diseño**

Para el diseño de la línea de fangos se toman como caudales de diseño los caudales de fangos producidos en la decantación primaria y los fangos en exceso del tratamiento biológico.

Fangos procedentes de la decantación primaria:

- Cantidad de fango producido al día:

$$F \text{ (SST)} = 2280,168 \text{ Kg/d}$$

$$F \text{ (SSV)} = 1482,11 \text{ Kg/d}$$

- Concentración:

$$C_F = 5\% = 50 \text{ Kg/m}^3$$

Fangos procedentes del tratamiento biológico:

- Cantidad de fango producido al día:

$$P_x \text{ (SST)} = 2478,44 \text{ Kg/d}$$

$$P_x \text{ (SSV)} = 1982,74 \text{ Kg/d}$$

Los caudales máxicos de fango son los totales procedentes de las dos unidades de decantación primaria y de las dos unidades de tratamiento biológico.

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado II .1.

### **3.3.2. Estabilización aerobia**

La digestión aerobia es un proceso biológico en la que se obtiene la oxidación de las materias biodegradables contenidas en los fangos así como de la masa celular. La base de este proceso se describió en el apartado 2.2.3.1. de esta memoria.

Las principales ventajas de este método de estabilización son:

- Buena reducción de sólidos volátiles
- Reducidas concentraciones en  $\text{DBO}_5$  del sobrenadante
- Minimización del problema de olores en el producto digerido

Uno de los inconvenientes que posee esta unidad son los elevados costes de mantenimiento debido a la gran incidencia del gasto energético que causaría la instalación de turbinas o similares por la necesidad de aireación prolongada. Por esto se estudia la posibilidad de sustituir la tecnología de aireación presente actualmente en la EDAR de aireadores superficiales por la adición de oxígeno puro que, a parte del ahorro energético, aporta otras mejoras en el proceso de estabilización de fangos analizadas en el apartado 3.3.2.1.

Se opta por un sistema de operación continua sin recirculación al digestor de parte de los fangos espesados posteriormente.



Es deseable que la concentración de fangos en el digestor no sea superior al 2,5%<sup>[2]</sup> para garantizar una mejor agitación y aireación de los mismos, por esto se elige realizar la estabilización aerobia antes del espesamiento.

El sistema de funcionamiento será aquel en el que se envían los fangos en exceso del decantador secundario al decantador primario, purgando todos los fangos conjuntamente (fangos mixtos), de forma que se consigue una concentración de los fangos cercana al 2,5% (máxima deseable en el digestor aerobio).

### **3.3.2.1. Aireación del sistema con oxígeno puro**

La estabilización aerobia de fangos empleando oxígeno puro constituye una modificación del proceso convencional que mejora significativamente su estabilidad de operación. Esta variante del sistema en el proceso de digestión aerobia sustituye al aire por oxígeno puro. Los sistemas de oxígeno puro son relativamente insensibles a los cambios de temperatura atmosféricos debido al incremento de la actividad biológica y a la propia naturaleza exotérmica del proceso.

Con los sistemas tradicionales de aireación la obtención de la cantidad de oxígeno necesaria es a costa de un gran consumo energético y una excesiva agitación que provoca pérdidas de calor que disminuyen la eficacia del proceso.

La utilización de oxígeno puro en el proceso de digestión aerobia de fangos implica un aumento de la temperatura en el digestor que trae consigo una serie de ventajas:

- Aumenta la velocidad de digestión del proceso obteniéndose por tanto un fango más estable.
- Las instalaciones para llevar a cabo la digestión de fangos pueden ser más compactas y económicas.
- Un aumento de la temperatura en el digestor supone una mayor destrucción de los microorganismos patógenos.

- Mayores rendimientos de depuración con unos costes de inversión y de operación mínimos.

- Los fangos obtenidos de una digestión con oxígeno puro pueden ser utilizados directamente en la agricultura.

En los casos en los que se utiliza oxígeno puro, es preciso establecer el tipo de generador de oxígeno óptimo para cubrir las necesidades de la planta. Existen dos equipos básicos de generadores de oxígeno: un sistema de adsorción a presión alternativa (PSA), para las plantas de menor y más común tamaño (menos de 150.000 m<sup>3</sup>/día), y el proceso tradicional de separación criogénica del aire, para plantas de grandes dimensiones. También se puede transportar oxígeno líquido en camiones y almacenarlo en planta.



**Figura 3.4 Sistema de almacenamiento de oxígeno puro**

El sistema de suministro de O<sub>2</sub> se compone de los equipos que a continuación se relacionan:

- **Depósito de almacenamiento:** el O<sub>2</sub> se almacena en un tanque vertical criogénico de doble pared.

- **Gasificador:** tiene por objeto evaporar y posteriormente recalentar el O<sub>2</sub> licuado que procede del tanque.

- **Cuadro de Regulación de suministro de O<sub>2</sub> .**

- **Bomba de trasiego:** el licor mezcla a tratar se extrae de la balsa mediante una bomba horizontal o sumergida.

- **Inyector de O<sub>2</sub>:** con el fin de mejorar la dispersión del gas en el agua y así evitar la aparición de "bolsones" de gas, que disminuirían el rendimiento de disolución, la inyección de O<sub>2</sub> se realiza a través de un inyector especial. El inyector está construido enteramente en acero inoxidable y montado con el conjunto de equipos. La alimentación de oxígeno al equipo se realiza mediante manguera flexible.

- **Eductores:** Los eductores tienen una doble función. De un lado provocan la agitación necesaria para obtener la suspensión de los fangos y una homogeneización en la balsa, con lo cual se consigue una distribución uniforme del O<sub>2</sub> en ésta y la inexistencia de zonas anóxicas. De otra parte, con la corriente secundaria de agua, producen la redisolución de parte del oxígeno que se desprende como consecuencia de la despresurización de la corriente al entrar en la balsa. Esto permite alcanzar una buena eficiencia global en la disolución del oxígeno.

- **Sistema de Control:** está compuesto por el cuadro eléctrico y de control, la instrumentación de campo y el medidor de oxígeno disuelto. El cuadro eléctrico y de control alberga todos los controles para maniobra y señalización de los equipos, incluido arranque y parada de la bomba y el control de la adición de O<sub>2</sub>.

- **Tuberías y accesorios**

El sistema de aireación con oxígeno puro se completa con unos agitadores de fondo cuya función es la de mantener la homogeneización del digestor. La disposición de estos sistemas de difusión y mezcla se intentará optimizar a fin de reducir costes de inversión y explotación.

Los reactores empleados para la digestión en estos procesos pueden ser abiertos, empleando los reactores convencionales como el actual en la EDAR de Conil de la Fra., aunque se utilizan normalmente tanques cerrados evitando de esta forma las pérdidas de gas. En el presente proyecto se diseña el digestor cerrado, de forma que a parte de evitar pérdidas de gas, contribuye al tratamiento de olores, con el cerramiento y desodorización de los gases creados.

El uso de tanques cerrados implicará mayores temperaturas de operación debido a la naturaleza exotérmica del proceso de digestión. Las estructuras deben tener en cuenta los efectos térmicos producidos por la temperatura de operación, así como procedimientos que aseguren la estabilidad frente a procesos de corrosión que pudieran generarse debido a la formación de ácido carbónico.

La mayor desventaja de esta modificación es el incremento del costo asociado con la generación de oxígeno, que se compensaría al eliminar los gastos ocasionados en la agitación por turbinas superficiales. El uso de oxígeno puro también disminuye la cantidad de dióxido de carbono que se añadiría al fango en el caso de los sistemas convencionales de aireación.

Otras ventajas a considerar de este sistema de aporte de oxígeno, es la importancia que para la explotación tiene el hecho de desaparecer una importante fuente de suciedad de la instalación desde el punto de vista de aerosoles y salpicaduras. Esto implica menos abrasión en los equipos e instalaciones, así como menos riesgos de contaminación ambiental.

Hay que considerar también la mejora aparente sobre los rendimientos en la sequedad del fango, esta optimización del proceso que consigue un fango con menos humedad implica un ahorro para la explotación en tanto que se reducen los costos de polielectrolito y transporte.

La teoría del proceso es similar a la expuesta para la estabilización aerobia convencional en el apartado 2.2.3.1.

### **3.3.2.2. Dimensiones**

Se realiza el redimensionamiento de la unidad de estabilización aerobia con el condicionamiento de la modificación expuesta en el apartado anterior, la aireación con oxígeno puro.

La temperatura es un factor muy importante a tener en cuenta, ya que el rendimiento en la reducción de sólidos volátiles disminuye mucho cuando baja la temperatura. Por tanto, la elección de un valor de temperatura de operación será relevante para el redimensionamiento. Hay dos factores a considerar a la hora de la selección de la temperatura, relacionados con el hecho de airear el sistema con oxígeno puro. Por un lado, el cerramiento de la unidad, que hará que disminuyan las influencias de los cambios de temperatura externos en la estabilización de los fangos. Por otro, el uso de un tanque cerrado implicará mayores temperaturas de operación, de forma que considerando estos condicionantes, se adopta una temperatura media de operación fija para cualquier época del año algo superior a la que se daría si el tanque estuviese abierto.

Se disponen 2 unidades de estabilización aerobia, pudiendo funcionar simultáneamente dependiendo del caudal de entrada. Para las condiciones más desfavorables de caudal (verano) las características y dimensiones de cada uno de los digestores aerobios son las siguientes:

- Caudal medio de fangos (m <sup>3</sup> /d SST):	103,44
- Temperatura media (°C):	25
- Reducción de sólidos volátiles exigida (%):	40
- Edad del fango (d):	23,2
- SSV eliminados (Kg/d):	692,97
- Volumen (m <sup>3</sup> ):	1837,5
- Profundidad (m):	3,5
- Largo (m):	35
- Ancho (m):	15

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado II .2.

### **3.3.3. Espesamiento por gravedad**

El espesamiento consigue un incremento de la concentración de los fangos, por eliminación del agua, reduciéndose así el volumen de los mismos y mejorando el rendimiento de los procesos posteriores.

En el presente proyecto se realiza el redimensionamiento del espesador por gravedad en base al efluente de fangos de la digestión aerobia.

Según la cantidad de fangos a espesar se adopta el dimensionamiento de un único espesador circular similar a un decantador, con las siguientes dimensiones y características:

- Caudal medio de fangos (Kg/d SST):	2800
- Concentración del fango a la entrada (%):	2,2
- Concentración del fango a la salida (%):	6
- Volumen (m <sup>3</sup> ):	133,34
- Superficie (m <sup>2</sup> ):	50,90
- Diámetro (m):	8,05
- Profundidad (m):	2,6

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado II .3.

### **3.3.4. Deshidratación**

El sistema de deshidratación empleado depende de las características de la planta, el tipo de fango y el destino final de los mismos. Como se aclaró anteriormente las características del agua residual que llega a la planta no han cambiado desde el inicio de su depuración, de manera que el fango producido será del mismo tipo, por lo que se redimensiona la unidad de deshidratación sin considerar otra alternativa a la tecnología de los filtros banda actuales en la EDAR.

El sistema de deshidratación por filtros banda está basado en la buena drenabilidad del fango previamente acondicionado con polielectrolito.

La mezcla íntima de una solución diluida de polielectrolito con el fango produce una suspensión de flóculos voluminosos en agua intersticial clara. El fango floculado tiene entonces una gran facilidad de escurrir rápidamente por simple drenaje.

Los filtros banda se sitúan en un edificio de deshidratación, donde a parte de dichos filtros se encuentran los equipos necesarios para el acondicionamiento químico previo a la deshidratación.

El sistema de deshidratación consta de:

- Caudal medio de fangos (Kg/d SST):	2800
- Concentración del fango a la entrada (%):	6
- Concentración del fango a la salida (%):	20
- Volumen del depósito tampón de fangos (m <sup>3</sup> ):	151
- Superficie (m <sup>2</sup> ):	50,90
- N° filtros banda:	3 (1 de reserva)
- Ancho de banda (m):	1,5
- Carga de aplicación de fango ( $\frac{\text{Kg}}{\text{m} \times \text{h}}$ ):	158,33
- N° bombas de lavado:	3 (1 de reserva)

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado II .4.

## **4. ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE OLORES**

---

A fin de minimizar o eliminar el impacto causado por la generación de olores en el tratamiento de las aguas residuales son numerosas las acciones que se pueden llevar a cabo. Dependiendo de las características del agua residual, del tipo de tratamiento para su depuración, de las características de los compuestos olorosos y de factores técnico-económicos se aplicará uno u otro método para el tratamiento del olor. Así pues, se definen las distintas alternativas que se han ido desarrollando, tanto medidas correctoras y cambios operacionales en el proceso de depuración del agua residual como métodos para el tratamiento del aire odorífero.

### **4.1. MEDIDAS CORRECTORAS**

La proliferación de olores en las plantas de tratamiento se puede minimizar prestando especial atención a algunos detalles de proyecto tales como la adopción de vertederos y de agua sumergidas, cargas adecuadas a los procesos, contención de fuentes de olores, y un buen mantenimiento de las instalaciones. No obstante, es conveniente tener presente que aún así los olores aparecerán de vez en cuando. Cuando esto sucede, es importante tomar medidas correctoras inmediatas para el control de los mismos. Este hecho conllevará, con frecuencia, cambios operacionales, control de los vertidos a la red de alcantarillado o adición de productos químicos.

#### **4.1.1. Cambios operacionales**

Los cambios operacionales que se pueden llevar a cabo incluyen<sup>[4]</sup>:

- Reducción de las sobrecargas a los procesos.
- Aumento de la capacidad de la planta poniendo en funcionamiento las instalaciones de reserva, caso de que existan.
- Aumento del nivel de aireación de los procesos biológicos.
- Reducción de la masa de fangos existente en la planta.
- Aumento de la frecuencia de bombeo de fangos y espumas.
- Adición de agua de dilución clorada a los espesadores de fango.



- Reducción de las turbulencias generadas por caída libre del agua mediante el control de los niveles del agua.
- Control de la liberación de aerosoles.
- Aumento de la frecuencia de evacuación de arenas y residuos.
- Aumento de la frecuencia de limpieza de las acumulaciones de compuestos olorosos.
- Mantenimiento las condiciones aerobias aumentando el nivel de aireación para añadir oxígeno, mejorando el mezclado.

#### **4.1.2. Control de los vertidos a la red de alcantarillado**

Se puede realizar un control de los vertidos<sup>[4]</sup>:

- Adoptando normativas de vertido de residuos más restrictivas y reforzando la obligatoriedad de su cumplimiento.
- Obligando al pretratamiento de los vertidos industriales.
- Exigiendo la regulación de caudales en las fuentes de origen.

#### **4.1.3. Aditivos químicos**

Los aditivos químicos se pueden dividir en<sup>[11]</sup>:

- Agentes oxidantes fuertes.
- Fuentes de oxígeno.
- Sales metálicas, típicamente hierro.
- Otros compuestos modificadores del olor.

Se expone a continuación una gama completa de los mismos:

Tabla 4.1 Aditivos<sup>[11]</sup>

Tipo	Método	Objetivo	Uso	Efectividad	Equipamiento	Peligrosidad	Coste	Observaciones
Mejorar el Balance de oxígeno en el agua	Buenas prácticas	Mantener un buen caudal, sin turbulencias, minimizando las deposiciones. Ventilaciones de los colectores.	*	*	**	***	**	Efectividad limitada por el diseño previo.
	Inyección de aire	Incrementar el oxígeno usando: Compresores de aire Ventura Otros métodos	**	*	*	**	*	Posibles escapes de olor Baja eficiencia frente a la dosificación de oxígeno.
	Inyección de oxígeno	Incrementar el oxígeno con inyección directa o generándolo.	***	**	**	***	***	Alta eficiencia (5 veces más soluble que el aire) Limitaciones de dosis hasta saturaciones Problemas de descebe de bombas por el exceso de gas no disuelto Volumen de la instalación
	Adición de sales de nitrato	Incrementar fuentes de oxígeno para las bacterias frente al H <sub>2</sub> S	***	***	***	***	*	Alto coste por ser escaso el producto Alta eficiencia Peligros de la subdosificación Pequeño volumen de la instalación Es efectivo para altos niveles de H <sub>2</sub> S
Precipitación de sulfuros	Sales de hierro como el sulfato férrico o cloruro férrico	Formación de partículas sólidas de sulfuros metálicos	**	**	***	*	***	Incrementa la cantidad de metales en el agua residual Poco efectivos para otros olores Puede ser tóxico para los microorganismos (por el ácido que forma generalmente o por el que se encuentra la solución añadida) Agota el oxígeno disuelto Reducción del pH

Nota: \*malo, \*\*bueno, \*\*\*muy bueno.

(continuación)

Tipo	Método	Objetivo	Uso	Efectividad	Equipamiento	Peligrosidad	Coste	Observaciones
Precipitación de sulfuros	Sales de zinc, o mezcla de sulfato férrico con ácido nítrico	Igual que el anterior pero de menor rendimiento	*	**	***	*	***	
Ataque biológico	Choque alcalino. Dosificaciones periódicas (semanales) con hidróxido sódico.	Eliminar la capa de biofilm y reducir la generación de H <sub>2</sub> S, al neutralizar el sulfúrico. Inactiva y destruye las bacterias. Recupera el agua de s septicidad.	*	*	***	*	*	Material químico muy peligroso.
Otras adiciones	Añadir bacterias (una colonia de microorganismos que oxide y mantenga los sulfuros constantes).	Incrementar el oxígeno con inyección directa o generándolo.	No evaluado					Ha sido efectivo pero tan solo para aplicaciones en lagos. En colectores parece ser muy sensible a la dosificación, de forma que si es insuficiente hace el problema aún peor.
	Solución del dióxido de azufre e hidróxido sódico, o solución del sulfito, bisulfito, metabisulfito, ácido sulfúrico, a las aguas residuales, al conducto de las aguas residuales y al sistema de las aguas residuales en presencia de catalizadores del metal.	Aporta una fuente de oxígeno al agua residual que permite la biosíntesis y purificación de las aguas residuales al mismo tiempo que impide la reducción de sulfatos y necesidades de aireación del biológico.	No evaluado					Utilización para colectores forzados y de gravedad.
	Hidróxido de magnesio u óxido de magnesio.	Alteración del pH a valores de 7,9-9,5 desplazando la reacción del sulfhídrico	No evaluado					

Nota: \*malo, \*\*bueno, \*\*\*muy bueno.

(continuación)

Tipo	Método	Objetivo	Uso	Efectividad	Equipamiento	Peligrosidad	Coste	Observaciones
Otras adiciones	Introducir dióxido de carbono y oxígeno	El dióxido de carbono reduce la actividad bacteriana por el pH, y el oxígeno u oxígeno ozonificado (15% de ozono) alimenta la demanda de las bacterias.						
	Combinaciones de oxidantes con nitratos (cloruro sódico y nitrato amónico, peróxido de hidrógeno y ácido nítrico, permanganato potásico y sales de nitrato).							

Nota: \*malo, \*\*bueno, \*\*\*muy bueno.

#### 4.1.4. Agentes enmascarantes

Los agentes enmascarantes, como su nombre indica, cubren el olor, pero no lo destruyen. Consiste en la descarga de sustancias adicionales para la modificación del carácter o intensidad del olor.

Algunas veces, el agente enmascarante y el olor se combinan para crear un olor que puede ser más molesto que el propio olor original. Para "esconderlo" a veces se usan altas concentraciones de agente enmascarante.

#### 4.2. TRATAMIENTO DEL AIRE ODORÍFERO

Son diversas las tecnologías actualmente existentes para el control y tratamiento del aire odorífero generados en las estaciones depuradoras de aguas residuales. La mayoría de estas tecnologías requieren de una captación previa del aire oloroso creando una corriente de aire a tratar. Dadas las características de esta corriente a tratar, ya analizadas en el apartado 2.3.5., se barajan distintas alternativas.

#### 4.2.1. Adsorción

Se trata del fenómeno por el que líquidos o gases se acumulan en un sólido que los retiene.

Dependiendo de la fuerza de los enlaces fluido-sólido se pueden dar dos tipos de adsorción: Adsorción física (enlaces débiles) y Adsorción química (enlaces fuertes). El fenómeno más común es el de fisisorción (adsorción física), que se produce sin intercambio de electrones entre adsorbente y adsorbato, siendo un proceso reversible. Menos frecuente es el proceso de quimisorción (adsorción química), irreversible al tener lugar modificaciones de la estructura química de adsorbente y adsorbato.

Existen materiales que son adsorbentes como la alúmina activada, el gel de sílice y los tamices moleculares pero sin duda el más usado es el carbón activo puesto que posee mayor superficie específica y capacidad (1000 m<sup>2</sup>/g), por lo que se hará especial hincapié en la adsorción con este tipo de adsorbente. Éste presenta una estructura porosa que conforma una red de canales de gran superficie. La procedencia del carbón activo es variada, pero la turba y la cáscara de coco son las fuentes más comunes y tienen la propiedad de retener la mayor parte de los componentes causantes de los malos olores.

**Tabla 4.2 Tipos principales de adsorbentes**

	<u>CARBON ACTIVADO</u>	<u>ALUMINA ACTIVADA</u>	<u>SILICA GEL</u>	<u>TAMIZ MOLECULAR</u>
• AREA SUPERFICIAL (M <sup>2</sup> /G)	1100-1600	210-360	750	600-700
AREA SUPERFICIAL (M <sup>2</sup> /CM <sup>3</sup> )	300-560	210-320	0.28	420-500
VOLUMEN POROS (CM <sup>2</sup> /G)	0.8-1.2	0.29-0.37	0.40	0.27-0.38
• VOLUMEN POROS (CM <sup>3</sup> /CM <sup>3</sup> )	0.40-0.42	0.29-0.33	520	0.22-0.30
DIAMETRO MEDIO DE PORO (Å)*	15-20	10-20	22	3-9

\*TAN SOLO MICROPOROS (< 25 Å DE DIAMETRO), NO SE INCLUYEN LOS MACROPOROS (DIAMETRO >25 Å)

Los tipos de carbón activo son:

- Carbón de origen mineral:

Es el más económico y se suele emplear en aplicaciones de olores no muy específicas, generalmente, en instalaciones de acondicionamiento y cuyas condiciones de trabajo son relativamente estables y controladas.

- Carbón de origen vegetal:

Se utiliza en aquellos campos que requieren un proceso industrial: máxima capacidad de retención en condiciones de trabajo difíciles o inestables.

- Carbón de origen vegetal impregnado:

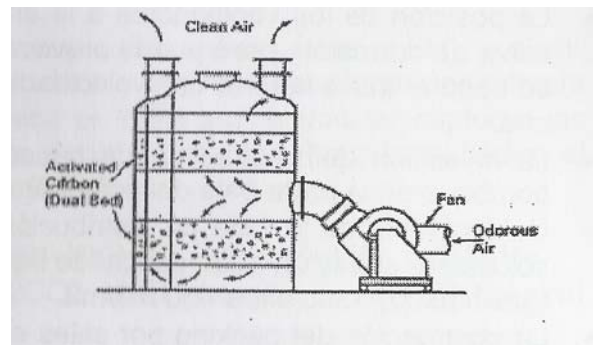
La superficie del carbón se impregna con una sustancia química que es especialmente afín al contaminante que se quiere retener. Se utiliza en aplicaciones especiales. Principales tipos de impregnación: óxidos metálicos, cobre, azufre, plata, yoduro, sosa cáustica y permanganato potásico.

- Carbones regenerables:

El carbón activado puede regenerarse por vía química o térmica.

El proceso de adsorción con carbón activo conlleva la transferencia de las moléculas de gas al sólido y la difusión a través de los poros, para finalmente ser adsorbidas a la superficie interna. La acción inversa por la que se eliminan las sustancias retenidas es la desorción.

Una torre de carbón activo es un recipiente cilíndrico en cuyo interior se aloja una cierta cantidad de material adsorbente que, al pasar a través del mismo el aire, consigue que los contaminantes queden retenidos de modo que la emisión de la torre sea completamente limpia.



**Figura 4.1 Sistema de carbón activo**

Estas instalaciones son recomendables para caudales medios-bajos, y por cuestiones de espacio. Asimismo, es el mejor método para la eliminación de COVs (Compuestos Orgánicos Volátiles) odoríferos del agua residual, frente al tratamiento fisicoquímicos en el que se actúa principalmente sobre un compuesto.

Si los compuestos odoríferos son poco reactivos con el aire pueden quedarse indefinidamente en el carbón. En el caso de los compuestos reducidos del azufre incluido el sulfhídrico, son más o menos oxidados a otros menos odoríferos y de peso molecular mayor, por lo que son adsorbidos y retenidos.

Dos son los aspectos que merecen la pena considerar en el diseño aunque suponga un precio mayor, el tamaño del poro del carbono y la impregnación.

Un adsorbente puede ser previamente impregnado por un reactivo que selectivamente destruya o elimine compuestos específicos, o con una catálisis que acelere una reacción en un sentido, generalmente la oxidación por el aire.

Algunas consideraciones:

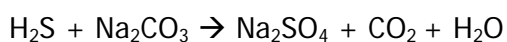
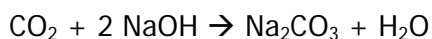
- Eficiencia: al estar constituido el lecho por varias zonas mantiene el rendimiento durante su vida. Normalmente es de una profundidad de 1 metro y el carbón se va agotando pasando la zona de transferencia (capa de espesor limitado donde se produce la adsorción) hasta el final o remanente del extremo.
- Capacidad: suele utilizarse unos 10000 Kg de carbón para flujos de aire 5000 l/s. En la práctica su uso dura unos 2 años o tal vez más.

- Temperatura: en general la capacidad de adsorción decrece con la temperatura (lo ideal es entre 10-40 °C). Para valores mayores de 50 °C puede dar lugar a la desorción de ciertos compuestos.
- Humedad: el carbón activado es hidrófobo (no polar y no atractivo al vapor de agua). Se debe mantener una humedad por debajo del 50%, ya que a valores superiores y temperaturas bajas mejora la transferencia con el agua, condensándola y ralentizando la adsorción (la humedad es evaporada cuando el gas vuelve a estar seco). Todo esto pese a que la oxidación realizada por las impregnaciones se favorecen con la temperatura y con la humedad.
- Presión: si la caída de presión a través del lecho es muy alta, se da más suciedad y abrasión de las partículas adsorbentes. Con dos lechos se ofrece la misma capacidad de uno de doble espesor pero ofrece menos resistencia.

De esta forma es interesante disponer: medidores de presión diferencial, drenajes accesibles y fácil manipulación del carbón.

Se pueden plantear diferentes opciones: la adsorción en carbón activo virgen, la oxidación del sulfhídrico a azufre elemental en carbones impregnados con un óxido o sal metálica y la neutralización con base fuerte.

Lo habitual es esa última, utilizando sosa cáustica (NaOH), que reaccionan con el CO<sub>2</sub> atmosférico para formar carbonatos, lo que facilita la eliminación del H<sub>2</sub>S. De un modo general las reacciones son las siguientes:



Estas reacciones son además una catálisis de la oxidación del H<sub>2</sub>S por el oxígeno para formar sulfuro elemental, sulfitos y sulfatos (es irreversible y además son productos no volátiles). Los mercaptanos son oxidados a disulfuros que son menos odoríferos.



El problema de esta impregnación es la disminución de la superficie disponible para la adsorción física y por tanto de retención de estos compuestos. En casos particulares deberían estudiarse otras posibles impregnaciones o soluciones alternativas.

En la actualidad se está utilizando la inyección de gas amoníaco (10 ppm) para catalizar la reacción del  $H_2S$  por el aire, así se evita una posible combustión espontánea por la alta reactividad derivado de las impregnaciones.

Cuando el adsorbente está saturado, la concentración de compuestos de olor puede ser inaceptable. Por esta razón hay que realizar una supervisión de las descargas y entradas. En este caso es interesante predecir cuando el adsorbente debe reemplazarse o regenerarse. Si la concentración en  $H_2S$  de la entrada es muy elevada la capacidad del lecho se consume rápidamente, mientras que se retrasa cuando es menor de 10 ppm.

## **REGENERACIÓN QUÍMICA**

La capacidad de retención de sulfuro de hidrógeno que tiene el carbón puede re-establecerse in-situ. El procedimiento se basa en lavados con sosa. Con estos lavados se solubilizan los compuestos de azufre y el azufre elemental que se encuentran depositados en los poros del carbón. Por otro lado, se eliminan algunos compuestos orgánicos, y se restituyen los grupos hidroxilo que serán necesarios para el siguiente ciclo de uso del carbón.

Pasos de la regeneración:

1. Inundar el carbón en una solución de sosa al 40-45 % durante 24 horas, y vaciar la solución (antes de disponer de esta solución hacia el drenaje u otro punto, es necesario neutralizarla).
2. Inundar el carbón en una solución en sosa al 15% durante 6 horas, y vaciar
3. Lavar el carbón. Si no se hace este lavado, los hidróxidos excesivos pueden bloquear los poros. El lavado puede realizarse inundando el carbón en agua y vaciando de dos a tres veces.
4. Secar el carbón con una corriente de aire (temperatura recomendada  $30^{\circ}C$ ), hasta que el contenido de humedad del carbón sea inferior al 30%.
5. Poner en servicio.

Hay que hacer notar que con el procedimiento anterior no se elimina la totalidad de los compuestos orgánicos adsorbidos por el carbón. Por lo tanto, llegará el momento en el que será necesario reactivar térmicamente el carbón, alcanzando el 85%. La regeneración térmica se realiza a una temperatura superior a los 700 °C y en una atmósfera de vapor de agua. Este tipo de regeneración puede ser realizada por el fabricante del carbón. Por esta razón la renovación, reciclaje o disposición debe ser considerado como un coste de mantenimiento.

Otras consideraciones son las siguientes:

- El material particulado del gas puede causar obstrucción o desgaste. Se necesita en consecuencia filtros aguas arriba.
- El olor puede reaparecer por saturarse el adsorbente o por otras condiciones de humedad o temperatura altas.
- Los diferentes compuestos odoríferos pueden tener diferentes ratios de adsorción, y por consiguiente, diferentes tiempos de regeneración o vida para cada compuesto. Pueden ser necesarias dos o más etapas.
- Después de algunos ciclos de adsorción y desorción se puede perder la estabilidad para regenerarse.
- Hay riesgo de combustión si existen cetonas adsorbidas en el carbón.

#### **4.2.2. Oxidación con ozono por vía húmeda**

Los mejores rendimientos en la desodorización por ozono se consiguen haciendo pasar el aire a tratar por un lavador de gases cuyo líquido de lavado sea agua fuertemente ozonizada. Esta forma de tratamiento se conoce hoy día como **"Tratamiento con ozono por vía húmeda"**.

Para diseñar una planta de desodorización por ozono, tendremos que considerar los siguientes parámetros:

- Tipo de sustancias causantes del olor.
- Concentración de las mismas, en el aire a tratar.

- N° de renovaciones del edificio a desodorizar.
- Temperatura y humedad del aire.

Debido a la complejidad y a la variabilidad de la mezcla de los gases emanados, resulta muchas veces difícil el predecir a nivel teórico cuáles van a ser las reacciones de degradación con el ozono hasta el punto de resultar dificultosa la predicción de la eficacia del tratamiento. Afortunadamente en depuradoras de agua residual urbana, la composición de los gases de emanación no varía demasiado, aunque sí su concentración. Esto unido a las experiencias ya realizadas con este tipo de emanaciones, facilita mucho el cálculo de la instalación definitiva.

Otras veces, sin embargo el problema de diseño se complica, debido al no conocimiento en composición de la mezcla a tratar, por lo cual se hace necesario un ensayo piloto de viabilidad, en el que se diseña un sistema a pequeña escala, y se trata una pequeña porción del aire a tratar. Tal es muchas veces el caso de olores provenientes de procesos industriales. Esta planta piloto nos dará las bases inequívocas de diseño de la futura planta industrial, en cuanto al diseño del tanque lavador, en cuanto a las recirculaciones y, sobre todo en cuanto a la tasa de ozono a aplicar para lograr los resultados perseguidos.

A la hora de diseñar una planta de desodorización por ozono, en primer lugar hay que aislar los gases productores de olores y conducirlos hasta la zona de tratamiento. Esto implica el cerramiento, extracción y ventilación de las zonas productoras de olores. Actualmente las zonas más problemáticas en este sentido son el pretratamiento, la zona de deshidratación de fangos y, en algunas ocasiones los espesadores de fangos.

Para extraer el aire de estas zonas hay que calcular el número de renovaciones a la hora necesarias. Este cálculo va a repercutir de manera decisiva en el coste de inversión de la planta. Es también importante localizar las fuentes productoras de olores a la hora de diseñar los conductos y las rejillas de recogida del aire.

El aire conducido pasará al tanque lavador donde unos difusores situados en su interior procederán al lavado del gas, con la ayuda de material de relleno que aumentarán el tiempo de contacto entre el aire y el agua. Es importante el dimensionamiento del tanque

lavador, con el fin de adecuar este tiempo de contacto, siendo el más adecuado entre 1,5 y 2,5 segundos.

El agua, una vez realizado el lavado, caerá por gravedad a un depósito regulador, situado en la parte inferior del tanque lavador. Es precisamente en este depósito donde se llevará a cabo la puesta en contacto con el ozono producido por el generador. En efecto, el ozono generado será puesto en contacto con el agua de recirculación mediante un eyector de alto rendimiento en transferencia de masa o por medio de difusores porosos, disolviéndose en el agua. Se producen una serie de reacciones complejas que en definitiva supone que  $2 O_3 \rightarrow 3 O_2$ .



**Figura 4.2 Generador de ozono**

Como ya se ha tratado anteriormente, la tasa de ozono a aplicar es variable dependiendo de la composición de la mezcla de gases. En depuradoras de aguas residuales urbanas la dosis más adecuada es entre 12 y 20 mg de  $O_3$  por  $m^3$  de aire a tratar. En depuraciones de gases industriales las tasas pueden ser notablemente superiores.

En cuanto a la tasa de ozono en el agua de lavado, estará entre 10 y 20 g de  $O_3$  por  $m^3$  de agua, y por ello habrá que ajustar el caudal de agua de lavado para adoptar esta tasa. Además es importante no dejar que se acumulen grandes cantidades de gases en el agua de recirculación, por lo que será conveniente hacer renovaciones parciales periódicas o continuas del agua de lavado.

#### **4.2.3. Combustión u Oxidación térmica**

Los gases malolientes pueden eliminarse por incineración por temperaturas variables entre 650 y 815 °C.

La oxidación térmica es el proceso de oxidación de gases combustibles y odoríferos como una corriente residual por calentamiento del gas con aire u oxígeno a alta temperatura. Si la combustión es completa se producirá CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub> y nitrógeno. Aunque su rendimiento es alto da lugar a otros compuestos odoríferos.

El coste de la instalación y de consumo es alto pero puede considerarse una recuperación del calor por su alto poder calorífico precalentando el gas (para caudales bajos). En general esta tecnología se utiliza para grandes concentraciones de olor.

Los gases de la alcantarillas pueden incinerarse conjuntamente con los sólidos de las plantas de tratamiento o de forma independiente.

La oxidación de los compuestos odoríferos, COVs y orgánicos volátiles de azufre es completa pero lenta en condiciones estándares de temperatura y presión. En consecuencia hoy se aplican diferentes métodos para acelerar este proceso o como nuevas alternativas. Se trata en general de las oxidaciones catalíticas y oxidaciones avanzadas.

Estas oxidaciones catalíticas tienen lugar a temperaturas que oscilan entre los 200 y 400 °C , obteniéndose una importante reducción de la energía necesaria para la combustión consiguiendo que sea nula cuando la concentración y el poder calorífico de los componentes son suficiente.

#### **4.2.4. Absorción y oxidación-neutralización química por vía húmeda**

La eliminación de una o más sustancias de una mezcla de gases por absorción en un líquido adecuado es la segunda operación en cuanto a frecuencia en la industria química, sólo por detrás de la rectificación. Se trata de una operación de transferencia de materia controlada por la difusión de materia<sup>[13]</sup>.

La absorción es una operación en la cual un componente (soluto A) de una mezcla gaseosa (A+inerte) se transfiere hacia una fase líquida (disolvente). Ambas fases son puestas en contacto en contracorriente para operar en continuo en la práctica industrial mediante una torre de absorción para favorecer dicho contacto.

Hay un gran número de ocasiones en los que el gas reacciona químicamente con un componente de la fase líquida. Generalmente tales reacciones aumentan la velocidad de absorción y la capacidad de la fase líquida de absorber al soluto, aunque también implica el que se deben considerar dos velocidades: velocidad en la transferencia de materia en la absorción y velocidad en la reacción química, dependiendo cual sea mayor controlará el proceso la absorción o la reacción química. Así pues, se pueden dividir los procesos de absorción en dos grupos: con reacción química y sin reacción química<sup>[13]</sup>.

En el caso que se trata en el presente proyecto de eliminación de olores, la absorción se realiza con reacción química entre el gas y el líquido de forma instantánea, de manera que la absorción de las partículas gaseosas en la fase líquida es quien controla el proceso.

En relación al equipo para absorción, el principal requisito es conseguir un contacto íntimo del gas y el líquido.

En absorción el alimento es un gas que se introduce en parte inferior de la columna y el disolvente se alimenta por la cabeza como líquido. Las moléculas de gas se difunden hacia el líquido, siendo despreciable el movimiento en la dirección contraria.

Los principales objetivos en el diseño de una columna de absorción son la determinación del caudal de disolvente y el cálculo de las principales dimensiones del equipo (diámetro y altura de la columna necesarios para realizar la operación).

### **Selección del disolvente para absorción** <sup>[13]</sup>

El propósito principal es eliminar un determinado constituyente de un gas, por lo que, normalmente, habrá diversas opciones en cuanto a disolventes. El agua es, desde luego, el más barato y mejor disolvente, pero en muchas ocasiones no resulta adecuado. En general hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Solubilidad del gas:

La solubilidad del gas debe ser elevada, lo que se traduce en aumentos de la velocidad de absorción y disminución de la cantidad de disolvente. Normalmente los disolventes de la misma naturaleza que el soluto a ser tratado proporcionan buenas solubilidades. La reacción química con el disolvente normalmente se traduce en aumentos de la solubilidad.

- Volatilidad:

El disolvente debe tener una baja presión de vapor, ya que el gas que abandona una torre de absorción está normalmente saturado con el vapor del disolvente, y por tanto, la mayoría de este disolvente se perderá.

- Corrosividad:

La corrosividad del disolvente debe ser tal que no implique materiales de construcción especiales o muy caros.

- Coste:

El coste debe ser bajo, de forma que se puedan aceptar las posibles pérdidas del mismo. Debe tratarse de disolventes comerciales de fácil disponibilidad.

- Viscosidad:

Se prefieren bajas viscosidades ya que proporcionan rápidas velocidades de absorción, mejor comportamiento fluidodinámico, permiten intervalos más amplios de operación antes del anegamiento en torres de absorción, bajas pérdidas de presión en el bombeo y buenas características de transmisión de calor.

- Toxicidad, reactividad, punto de congelación:

El disolvente, siempre que sea posible, no debe ser tóxico o inflamable, debe ser estable químicamente y debe tener un bajo punto de congelación.

Los equipos habituales que se utilizan van desde cámaras de absorción, lavadores de flujo transversales, lavadores venturi (para cuando existen sólidos suspendidos en el líquido), columnas de platos y columnas de relleno, siendo estas últimas con diferencia las más empleadas para la absorción de contaminantes gaseosos. Las columnas de relleno se utilizan

cuando no es factible utilizar las de plato debido a características indeseables de los fluidos o alguna exigencia especial de diseño. Las siguientes condiciones favorecen a las columnas de relleno:

- Si el diámetro de la columna es menor de 0,6 m, el relleno es más barato que los platos, a menos que aquel deba ser de alguna aleación metálica.
- Las columnas de relleno pueden manejar ácidos y otros materiales corrosivos, porque pueden construirse de cerámica, carbono u otro material resistente
- Los líquidos con tendencia a producir espuma pueden manejarse mejor en columnas de relleno porque en ellas el gas produce un grado relativamente bajo de agitación del líquido.
- La retención del líquido puede ser considerablemente menor en las columnas de relleno que de platos, lo que constituye una ventaja cuando el líquido es sensible al calor.

Por el contrario, las condiciones siguientes resultan desfavorables para las columnas de relleno:

- Si el gas o el líquido contiene sólidos, las columnas de platos suelen ser diseñadas para permitir más fácilmente la limpieza.
- Algunos materiales de relleno se rompen fácilmente durante su inserción en la columna o como resultado de las dilataciones y contracciones térmicas.
- Para caudales elevados de líquido, las columnas de platos resultan, con más frecuencia, más económicas que las de relleno.
- Un caudal de líquido bajo conducirá a la humectación incompleta del relleno que hará disminuir la eficacia del contacto.

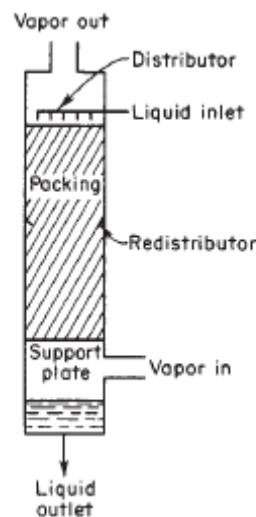
En el presente apartado se describen las columnas de relleno.



### **Columnas de relleno<sup>[7]</sup>**

Las columnas de relleno se utilizan ampliamente para operaciones de absorción, desorción y destilación. Normalmente, las columnas se rellenan con material sólido en forma de partículas orientadas al azar, aunque también se pueden colocar ordenadamente.

En comparación con las columnas de platos, las de relleno son un dispositivo sencillo, como se puede observar en la siguiente figura.

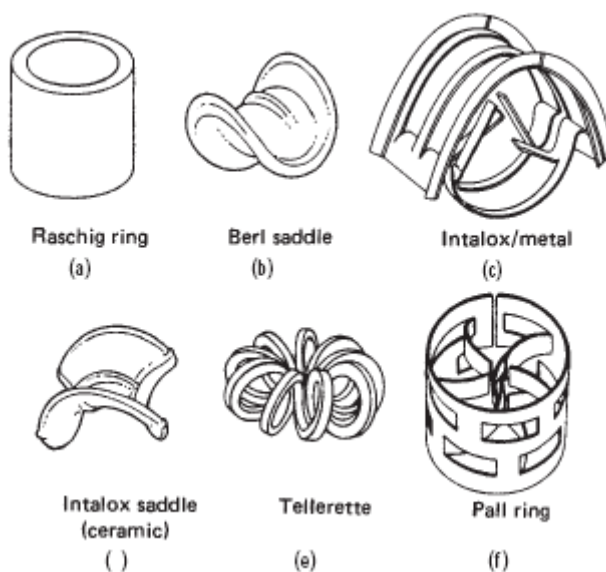


**Figura 4.3** Columna de relleno

Una columna típica consta de una virola cilíndrica que contiene una placa soporte del relleno y un dispositivo de distribución del líquido, diseñado para proporcionar una irrigación efectiva del relleno. Pueden añadirse otros dispositivos al lecho de relleno para redistribuir el líquido que, por formación de canales junto a la pared de la columna o por otras causas, puede perder la buena distribución a medida que desciende por el lecho.

El aspecto clave en el diseño de una columna de relleno es la elección del material de relleno, que debe proporcionar un contacto eficaz entre las fases sin producir excesiva pérdida de carga. Se dispone de numerosos rellenos comerciales, cada uno de los cuales presenta ventajas específicas al coste, desarrollo superficial, regeneración de interfase, pérdida de carga, peso y resistencia a la corrosión (ANEXO 3).

Los lechos de relleno pueden dividirse en dos categorías: aquellos que contienen elementos de relleno dispuestos en la columna de forma aleatoria y aquellos que contienen cuidadosamente instalados y diseñados específicamente para ajustar a las dimensiones de la columna. Los primeros se llaman rellenos aleatorios y los segundos se denominan ordenados o estructurados.



**Figura 4.4 Tipos de relleno aleatorios<sup>[7]</sup>**

La columna posee cuatro compartimientos interiores:

A. Depósito inferior del líquido de recirculación.

B. Entrada de gases: los gases ingresan a la torre tomando, por primera vez, contacto con el agua, desprendiendo así gran parte de materia contaminante.

C. Lecho relleno: En este tercer compartimiento encontramos cientos piezas para el relleno idénticas a las de la figura 4.4, arrojados a granel, donde los gases rebotan continuamente contra las paredes internas y con el líquido que barre sin cesar a estos, se provoca un inmejorable intercambio de materia donde se deposita al agente contaminante en el fondo de la torre y se deja liberar aire depurado y limpio. En este compartimiento también se encuentran sobre el relleno, el distribuidor de líquido que rocía a todo el lecho en

forma pareja y homogénea, alimentado por una bomba para recirculación de la solución líquida.

D. Separador de gotas: cumple la función de retener las minúsculas gotas que en forma de spray quieren abandonar la unidad. A la salida de este, obtendremos un efluente depurado y limpio. Complementan a esta unidad: nivel de agua, visor transparente de inspección, conductos de recirculación, bomba de recirculación, válvulas y demás accesorios.

### **Sistemas para el tratamiento de olores**

Los sistemas empleados para la eliminación del aire odorífero suelen tener 2 o 3 etapas dependiendo de los componentes olorosos que se deseen eliminar en la corriente gaseosa.

- Sistema de dos etapas:

Un sistema de dos etapas se instala cuando se considera como causante del olor a un solo compuesto, es decir, cuando se desea eliminar un solo compuesto oloroso, generalmente el H<sub>2</sub>S. Consta de 2 columnas de relleno conectadas en serie, en la primera columna se realiza un lavado con un reactivo oxidante mientras que en la segunda se procede a la neutralización química.

- Sistema de tres etapas:

Encontrarse un caso en el que un solo compuesto sea el que produce el olor es bastante inusual. Normalmente, el aire a desodorizar en la EDAR contiene amoníaco y compuestos derivados del mismo, H<sub>2</sub>S y mercaptanos de forma que se hace necesario más de un reactivo para tratar a dichos compuestos odoríferos y, por consiguiente, más etapas que las necesarias cuando se desea eliminar solo un compuesto.

La primera etapa, lavado ácido, elimina los olores básicos como aminas y amoníaco. La segunda y la tercera etapa son idénticas al sistema de dos etapas, es decir, eliminan los olores oxidables como el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y los olores debidos a los cloruros producidos en la segunda fase (neutralización).

Asimismo, es posible combinar las dos últimas etapas utilizando una columna de lavado que abarque la oxidación y la neutralización química, si bien las consideraciones a tener en cuenta en este caso serán algo distintas que en el caso tradicional de 3 etapas.

### **Condiciones de operación**

Los factores más a tener en cuenta a la hora de la explotación de las torres de lavado son:

- El separador de gotas.
- El sistema de aspersión por el riesgo de taponamiento de boquillas.
- La regulación de las purgas.
- El caudal y la presión de la bomba de recirculación del líquido.
- El control de la regulación de consignas.
- Seguimiento del buen funcionamiento de las sondas de pH y el medidor redox.
- Consumo de agua.
- Temperatura media.

El adecuamiento de los equipos se realizará en función de las condiciones de temperatura, caudales y composición de gas.

#### **4.2.5. Sistemas biológicos**

Los sistemas biológicos de lavado requieren que los olores sean transferidos desde la fase gaseosa hasta la fase líquida antes de ser destruidos por los microorganismos. De este modo, la destrucción efectiva de los componentes se determina por la solubilidad y por el porcentaje en el que son eliminados por la destrucción biológica.

Es una tecnología apta para emisiones con niveles medios de sulfuro de hidrógeno, amoníaco, COV's y en general aquellas instalaciones en las que se originan olores de procesos de degradación biológica o manejo de productos orgánicos.

Al ser el tratamiento biológico un sistema vivo, éste opera más efectivamente si la carga de olor es relativamente constante respecto a los compuestos tratados y sus concentraciones. Cuando se pone en marcha un sistema biológico para el tratamiento de

olores, éste necesita un cierto tiempo hasta conseguir el rendimiento de diseño del sistema, ya que, durante este período, los microorganismos han de crecer hasta su nivel óptimo.

Si se da una concentración de los compuestos a eliminar superior a la normal (a la de diseño de la instalación), o si se da un cambio en alguno de los compuestos presentes en el gas a depurar, puede darse una mortandad de los microorganismos, bajando el rendimiento del sistema. Durante el período que dure la renovación de los microorganismos y su crecimiento hasta llegar a su equilibrio óptimo, se dará una emisión de los compuestos olorosos no eliminados, con los consecuentes problemas que ello puede representar.

Estas tecnologías tienen un gran interés en la actualidad, bien como única etapa o posterior a un lavado químico. Esto se debe principalmente a la ausencia de agentes oxidantes fuertes y la degradación inmediata sin subproductos que almacenar.

### **Lavadores biológicos**

Como el mismo nombre indica el lavador biológico consiste en una torre a través de la cual un medio acuoso es recirculado, y en la que los microorganismos usados para tratar el olor se distribuyen en algún tipo de soporte dentro del principal cuerpo de la torre. La da relativa de un lavador biológico tiende a ser algo mas grande que un sistema de tratamiento químico para la misma función, debido en parte al mayor tiempo de contacto requerido (por ejemplo, menor solubilidad de los componentes olorosos en medio acuoso sin la presencia de reacción química).

Uno de los temas más importantes respecto al uso de lavadores biológicos es que son propensos al colapso si no se mantienen correctamente. Esto se debe a que la biomasa puede ser demasiado pesada para la estructura de soporte (especialmente donde la carga de olor es alta). Hay sistemas disponibles que permiten solucionar este problema con una técnica de eliminación de lodo generado, manteniendo una constancia en la calidad y peso de la biomasa. Estos sistemas que, son mas complicados tanto en su uso como mantenimiento, dan un producto sólido residual y requieren una cierta experiencia de operatividad respecto a los sistemas biológicos tradicionales.

## **Biofiltros**

Los biofiltros son normalmente descritos como la forma más económica de tratar corrientes de gas con olor. El gas a ser tratado es primero humidificado, para posteriormente atravesar un manto con un material orgánico, comportándose los microorganismos como un biofilm, de forma que los compuestos odoríferos son adsorbidos por el medio y metabolizados por los microorganismos.

En sus formas más simples, los biofiltros consisten esencialmente en una caja rellena de algún tipo de medio (corteza, cáscara de coco, etc.) donde la biocida se sustenta.

Los biofiltros necesitan mucho espacio, esto puede ser un problema donde la limitación de espacio es un problema a considerar, con lo que aumenta el coste económico. Si no hay amplias superficies disponibles se puede realizar instalaciones descentralizadas. Este diseño es siempre aconsejable ya que permite construir equipos menores y más fáciles de colocar en posibles huecos.

Es imprescindible la selección del soporte y las condiciones de temperatura, humedad y oxígeno adecuadas. Es conveniente utilizar materiales de baja resistencia ya que el filtro será menor y el gasto energético, para un caudal de aire.

Los microorganismos pueden ser diversos, pero para el caso de una instalación de depuración es suficiente para crearlos aplicar agua procedente de la etapa de oxidación. En cuanto a la construcción de la balsa por la que se insufla el aire, si es de hormigón, esta debe ser de buena calidad ya que el ácido sulfúrico y nítrico liberados en la metabolización pueden atacar la cal del hormigón. Es recomendable utilizar materiales como el polipropileno, polietileno, etc. en la instalación.

El principal criterio de diseño es la velocidad de filtración, y es típicamente de 0,015 a 0.02 m/s, y la contrapresión esperada a través del biofiltro a este valor de corriente de aire está comúnmente en la gama de 20 a 120 mm.c.a. por metro de profundidad.

Para el lecho filtrante, las especificaciones estándar son<sup>[11]</sup>:

- pH lecho: se recomienda entre 5 y 7
- Temperatura de lecho: óptimo entre 25 y 35 °C
- Contenido de humedad del lecho: superior a 90%

#### 4.2.6. Condensación

Consiste en la separación de uno o más componentes volátiles de una mezcla gaseosa por medio de la saturación seguida de un cambio de fase.

Generalmente los condensadores operan a la presión de la fuente de emisión, que suele estar cerrada a la atmósfera. Por este motivo muchos de estos equipos de condensación trabajan enfriando los vapores orgánicos hasta el punto de rocío, para luego eliminarlos como líquido.

Existen dos equipos básicos de condensación para el control de la contaminación: contacto y superficie.

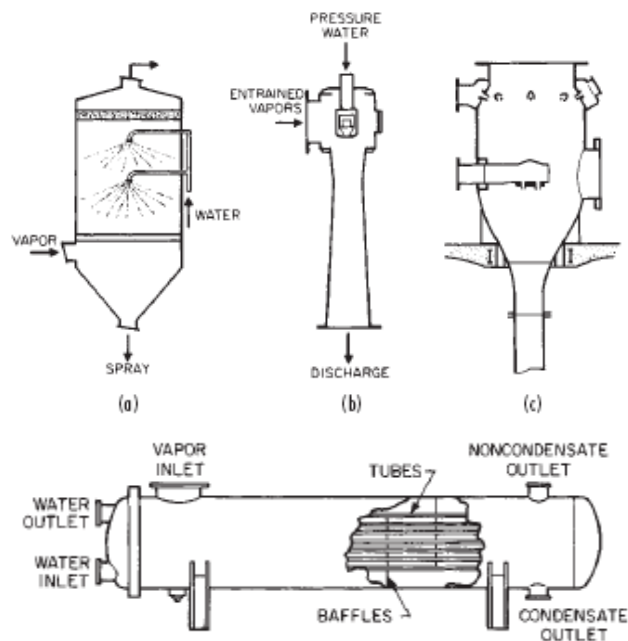


Figura 4.5 Condensadores. *a,b* y *c* de contacto directo

### **4.3. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS**

Los principales criterios de selección de la tecnología adecuada están basados en el coste, rendimiento y espacio necesario.

En el presente proyecto se descarta la aplicación de medidas correctoras como tratamiento del olor generado en la EDAR de Conil y se considera una captación del aire odorífero para su posterior tratamiento.

Realizando un primer balance se descartan las alternativas de condensación y oxidación con ozono por vía húmeda por ser inviables para el proyecto que se desarrolla:

- Oxidación con ozono por vía húmeda:

En general la ozonización es un proceso lento, ya que el ozono es un oxidante pobre que necesita de activación, por ejemplo con UV.

Aunque puede ser generado in situ presenta como inconvenientes su alta toxicidad y corrosividad, y su inestabilidad. El ozono es, de hecho, un irritante nasal. Al ser un material tóxico, su uso es muy peligroso.

En una situación donde la corriente del gas con olor está mezclada con ozono, hay muy pocas expectativas de reacción entre el ozono y el compuesto oloroso, ya que es muy improbable que puedan tener contacto, al estar tanto los compuestos olorosos como el ozono en unos niveles de concentración muy bajos.

- Condensación:

Técnicamente inviable, puesto que si el líquido de condensación fuese agua (más económico), los compuestos mayoritariamente olorosos ( $\text{NH}_3$  y  $\text{H}_2\text{S}$ ) son solubles de alguna forma en el líquido por lo que la condensación no es tal, sino que se daría una absorción. Así pues se descarta su uso para este proyecto.

Así pues, se presenta una evaluación técnico-económica de las alternativas de adsorción, incineración, absorción y oxidación química, y los sistemas biológicos.



**Tabla 4.3 Evaluación técnico-económica**

	Adsorción con carbón activo	Incineración		Absorción con reacción química.	Tratamiento biológico	
		Térmica	Catalítica		Biofiltración	Lavador biológico
<b>Corriente de entrada</b>	Bajas concentraciones, caudales bajos. No aconsejable para partículas o gran contenido de humedad. Compuestos de bajo p.m. no se adsorben con facilidad.	Altas concentraciones, bajos caudales salvo algunos casos. Las partículas pueden ocasionar bloqueos, fallos o desgastes.		Media-baja concentración. Altos caudales. No es bueno para eliminación de partículas.	Baja concentración, altos volúmenes. Lenta adaptación, por lo que no es bueno para grandes fluctuaciones.	
<b>Eficacia (%)</b>	>90% pero puede ser mayor con etapas sucesivas en serie.	Puede ser >99% pero suele quedar un olor residual a combustión.	>95% o más.	90% con agua, pero mayor con apropiados reactivos químicos.	>99%. Limitado por condiciones ambientales.	
<b>Costes relativos</b> Instalación Operación	Bajo Bajo-Medio. Costes de regeneración son considerables.	Alto Medio-Alto	Alto Alto	Medio Medio-Alto. Depende del nº de etapas.	Bajo Bajo	Medio Medio-bajo
<b>Requerimientos de mantenimiento</b>	Bajas necesidades de mantenimiento. La regeneración en el lugar es compleja.	Alto		Generalmente Alto. Algunos reactivos son corrosivos o producen sales que bloquean.	Mantenimiento diario, pero no complejo.	Medio-bajo
<b>Uso de la energía</b>	Bajo, depende de la presión de trabajo.	Alto, el calor desprendido se puede recuperar.		Medio, la energía requerida para mover el gas y reaccionar.	Relativamente baja	Baja
<b>Uso de materia prima</b>	Bajo si es regenerado.	Fuel para mantenerlo	Fuel	Alto uso de reactivos		
<b>Generación de residuos</b>	Carbón saturado, a menos que sea regenerado (lo que produce corrientes de gas que tienen que ser tratadas).	Escapes al aire. NOx, CO, compuestos orgánicos de S o Cl que producen SO <sub>2</sub> y HCl.		Puede producir fangos o reactivos difíciles de tratar. Grandes cantidades de efluentes húmedos.	La turba debe ser reemplazada pocos años, no es problema el residuo.	Posibles olores. Puede llevar microorganismos.
<b>Comentarios</b>	Bueno para pequeñas operaciones donde sea desechable. Caro para grandes escalas.	Hay un potencial gas para generar vapor. Algunos compuestos como el amoníaco necesitan altas T <sup>a</sup> .		Nuevas quejas por olor por reacción entre productos.	Grandes superficies	Mucho más pequeño que el biofiltro.

## **5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN TÉCNICA ADOPTADA PARA LA DESODORIZACIÓN**

---

### **5.1. JUSTIFICACIÓN**

Una vez definidas y evaluadas las distintas alternativas en el capítulo 4. y teniendo en cuenta los compuestos que son necesarios eliminar de la corriente gaseosa se adopta como solución más viable la *absorción y oxidación-neutralización química por vía húmeda*.

La absorción y oxidación química es de aplicación cuando se tratan elevados caudales y concentraciones media-bajas, frente a alternativas como la adsorción con carbón activo que resulta más útil cuando se tratan bajos caudales de aire. El presente proyecto se define para un caudal de aire odorífero de 16000 m<sup>3</sup>/h obtenido según cálculos justificativos (ANEXO 1, apartado III.1.) y una concentración de NH<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>S (componentes principales a eliminar) de 5 mg/Nm<sup>3</sup> (ANEXO 1, apartado III.2.), es decir, se trata un caudal elevado y una concentración baja de los compuestos olorosos.

Los absorbedores tienen la capacidad de tratar variados caudales y concentraciones con solo variar el aporte de reactivo y el caudal de líquido de recirculación, algo que en los sistemas biológicos requiere un tiempo de adaptación de los microorganismos a las nuevas condiciones de trabajo.

La pérdida de carga en este sistema, aunque dependerá del número de etapas, es relativamente baja.

Los costes y requerimientos de mantenimiento pueden resultar elevados por trabajar con reactivos, pero esto se contrarresta con la elevada eficacia que su uso genera, debido a la capacidad de alcanzar elevadas eficiencias en transferencia de materia. Esta capacidad se puede variar con el simple cambio del tipo de relleno, que proporcione diferentes superficies de contacto entre las fases en las torres, sin necesidad de adquirir nuevos equipos.

Las instalaciones para estos sistemas no tienen gran extensión, y pueden fabricarse en materiales plásticos permitiendo trabajar en atmósferas altamente corrosivas.

Actualmente el desarrollo de sistemas biológicos de tratamiento del aire odorífero está en alza, puesto que son económicos en cuanto a montaje y mantenimiento, presentándose como un atractivo candidato como alternativa de desodorización, pero en este tipo de sistemas se trabaja con microorganismos, que son en definitiva seres vivos, y como tales, se pueden ver afectados y limitados por las condiciones ambientales que variarán diariamente, viéndose afectada la eficacia del proceso.

La evaluación económica de las alternativas ha sido realizada a con un nivel mínimo de detalle, a través de fuentes bibliográficas <sup>[13]</sup>, siendo, como se observa en la tabla 4.3. los sistemas biológicos la solución más económica. Aunque el coste de mantenimiento en el caso de la absorción con reacción química sea elevado, el desembolso económico se realiza con garantías de resultado óptimo de la instalación, debido a las experiencias positivas que existen actualmente en estaciones depuradoras de aguas residuales, donde estos sistemas son los más empleados en la actualidad para elevados caudales.

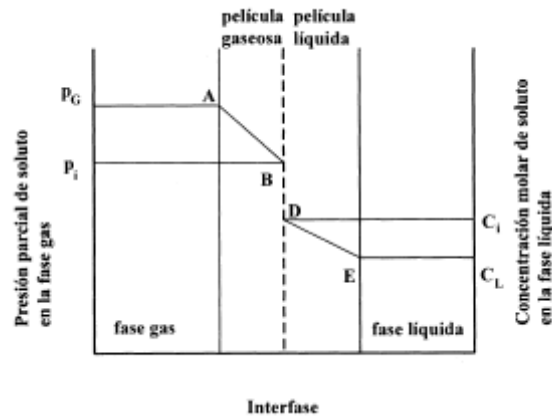
## **5.2. TEORÍA DE LA ABSORCIÓN CON REACCIÓN**

La velocidad a la que un componente de una mezcla gaseosa se disuelve en un absorbente (o se desorbe de un líquido) depende de la diferencia de concentración con respecto a la de equilibrio. Así pues es necesario considerar las características del equilibrio líquido-gas.

### **Mecanismo de absorción. Teoría de dos películas**

La descripción más útil del proceso de absorción, desde el punto de vista conceptual, es probablemente la teoría de dos películas debida a Whitman. De acuerdo con esta teoría, la materia se transfiere en el seno de las fases de un sistema bifásico, como el mostrado en la figura 5.1, por convección. Las diferencias de concentraciones se consideran despreciables excepto en la proximidad de la interfase. Se supone que a cada lado de esta interfase las corrientes de convección se interrumpen y existen sendas películas de fluido en las que la materia se transfiere por difusión molecular. Estas películas deben tener un espesor ligeramente superior que el de la capa sublaminar, ya que ofrecen una resistencia equivalente al total de la capa límite. De acuerdo con la ley de Fick, la velocidad de

transferencia por difusión es proporcional al gradiente de concentración y al área de la interfase en la que está ocurriendo la difusión.



**Figura 5.1 Interfase gas-líquido**

La dirección de la transferencia de materia a través de la interfase no depende en sí de la diferencia de concentraciones entre las fases, sino de las relaciones de equilibrio y de la diferencia de concentraciones de las fases respecto a las de equilibrio. Se supone que en la interfase no hay resistencia a la transferencia de materia y el equilibrio se alcanza instantáneamente.

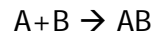
El factor controlante será la resistencia opuesta por las dos películas, tanto la líquida como la gaseosa. El cambio de concentración de un componente se muestra de forma esquemática en la figura 5.1 en función de la distancia a la interfase.

$P_G$  representa la presión parcial del componente en la fase gas y  $p_i$  la presión parcial en la interfase, en equilibrio con  $C_i$ , concentración del componente en cuestión en la fase líquida, donde la concentración es  $C_L$ .

### **Absorción asociada con reacción química**

Hay un gran número de ocasiones en los que el gas reacciona químicamente con un componente de la fase líquida. Este proceso de difusión y reacción puede representarse todavía por la teoría de la película de Hatta. En el caso considerado, la reacción es

irreversible y del tipo en el que un componente A se absorbe de una mezcla por una sustancia B en la fase líquida, que se combina con A, de acuerdo con la reacción:



Conforme el gas se acerca a la interfase líquida, se disuelve y reacciona a la vez con B. El nuevo producto AB formado (si no es volátil), se difunde hacia el seno de la fase líquida. La concentración de B en la interfase disminuye. Esto se traduce en la difusión de B desde el seno de la fase hacia la interfase.

Si la reacción química es rápida o instantánea como en el caso del presente proyecto, B se elimina muy rápidamente, de forma que el gas A debe difundirse a través de parte de la película líquida antes de encontrarse con B. Por lo tanto hay una zona de reacción entre A y B que se separa de la interfase gas-líquido, situándose en algún lugar hacia el seno de la fase líquida. La posición final debe ser tal que la velocidad de difusión de A desde la interfase gas-líquido iguale la velocidad de difusión de B desde el seno de la fase líquida. Cuando se alcanza el régimen estacionario, la situación se puede representar como en la figura 5.2. La interfase gas-líquido corresponde a la línea U, la zona de reacción a la zona R y la línea S representa el límite de la película líquida. El gas se difunde a través de la película gaseosa por acción de la fuerza impulsora  $p_G - p_i$ , y se difunde hacia la zona de reacción por la fuerza impulsora  $C_i$  en la fase líquida. El componente B se difunde desde el seno de la fase líquida a la zona de reacción por la fuerza impulsora  $q$ , y el componente AB se difunde hacia el seno del líquido por la fuerza impulsora  $m - n$ . Evidentemente, en el seno de la fase líquida no hay componente A.

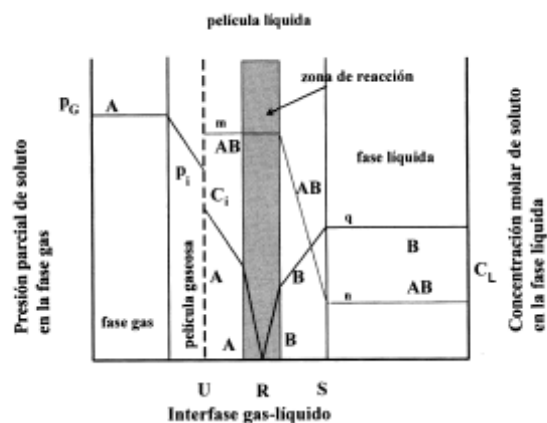


Figura 5.2 Zona de reacción

Un tratamiento simplificado para visualizar la diferencia entre la absorción física y la combinada con una reacción química se puede observar en la figura 5.3. El diagrama (a) muestra el perfil para la absorción física, y el (b) el perfil modificado por la reacción química.

El efecto de la reacción química es acelerar la eliminación de A de la interfase, y suponiendo que en estas condiciones es  $r$  veces mayor.

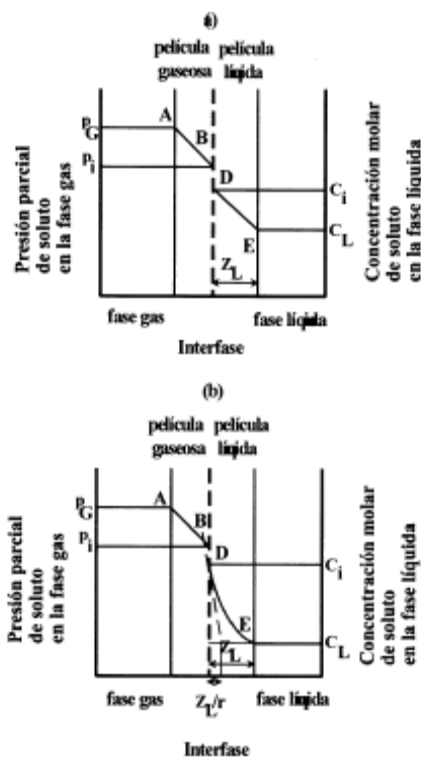


Figura 5.3 Influencia de la reacción química

### 5.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPUESTOS ODORÍFEROS DE CONTROL

La mayoría de los sistemas de tratamiento del aire odorífero se diseñan y operan en función de un número limitado de compuestos olorosos específicos, que se emplean como factor de control en cada situación.

En el diseño de un nuevo sistema de absorción se debe conocer los compuestos específicos o tipos de compuestos a tratar.

La solución adoptada para el tratamiento del aire maloliente se diseña para la eliminación de dos de los compuestos más característicos en los olores procedentes de las unidades de tratamiento del agua residual de una EDAR analizados en el apartado 2.3.5. de esta memoria, como son, el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y el amoníaco (NH<sub>3</sub>).

Aunque el diseño y la operación del sistema de eliminación de olores sean en función de estos dos compuestos, en el proceso de eliminación se producirá también la eliminación de otros compuestos odoríferos de características similares a los de control o derivados de ellos, como pueden ser aminas, mercaptanos y sulfuros.

La identificación de las concentraciones de los compuestos de control no es fácil. El sistema de ventilación y captación que lleva el aire al tratamiento tendrán un efecto determinante en estas concentraciones y en su variabilidad, así como la forma en que operan las unidades a desodorizar, pudiéndose generar picos de concentración. Se establecen unas concentraciones de los compuestos olorosos principales, de forma que, a efectos de diseño, se considera que la concentración a la que llegan dichos compuestos olorosos al sistema de absorción y oxidación química es siempre la misma. Esto no supone ningún problema en el funcionamiento del sistema, ya que como se define en el apartado 5.1. los absorbedores tienen la capacidad de tratar variados caudales y concentraciones con solo variar el aporte de reactivo y el caudal de líquido de recirculación. Se muestra una tabla con las concentraciones máximas:

**Tabla 5.1 Concentraciones máximas**

Componente	Concentración máxima (mg/Nm <sup>3</sup> )
H <sub>2</sub> S	5
CH <sub>3</sub> SH	3
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S + (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	1
NH <sub>3</sub>	6

Así las concentraciones de diseño para el H<sub>2</sub>S y el NH<sub>3</sub> se establecen en 5 mg/Nm<sup>3</sup>.

Una vez establecidas las concentraciones de los compuestos a eliminar, se puede obtener el caudal másico diario de cada uno de ellos que pasará por las columnas de absorción y la cantidad de reactivo necesaria para tratarlos. Esto se consigue realizando un balance de materia tanto a compuestos odoríferos como a reactivos.

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado III.2.

#### **5.4. ZONAS DE ACTUACIÓN**

Para la desodorización de las emisiones de olor en la EDAR de Conil de la Frontera se actúa sobre las unidades que generan más olor. Según el estudio analizado en el apartado 2.3.5., los focos de mayor olor en una EDAR son el espesamiento de fango (26%), secado o deshidratación de fangos (17%) y los desarenadores aireados (13%) <sup>[13]</sup>. Así pues, el presente proyecto propone la actuación en las siguientes unidades de depuración:

##### **5.4.1. Pretratamiento**

El pretratamiento de la EDAR consta de un desbaste de finos y el desarenado-desengrasado.

La acumulación de residuos en rejillas, tamices y canales genera malos olores. La extracción de arena también lo puede generar por su revestimiento orgánico.

Los desarenadores aireados generan grandes emisiones de olores debido al desprendimiento de gases por la turbulencia y el corto tiempo de retención.

##### **5.4.2. Digestores aerobios**

Si está bien diseñada solo genera olores típicos a humedad y tierra, no molesto. No obstante, se pueden producir problemas por:

- Aireación inadecuada
- Excesiva espuma
- Alimentación de fangos sépticos

Además, estas unidades son un importante foco de suciedad para la planta de depuración por proyección de espumas y fango al ambiente, de forma que el cubrimiento de ellas supone, a parte de la eliminación de olores, una mejora en cuanto a limpieza.



### **5.4.3. Espesador**

El tiempo de retención del fango es un factor crítico en la generación de olores. Cuanto más tiempo esté más posibilidad hay de que se den condiciones anaerobias. Sin embargo, el fango debe permanecer un tiempo para alcanzar la concentración adecuada, por lo que hay que llegar a un equilibrio.

De esta forma, lo más normal es cubrirlo para reducir la salida de olores generados en estas unidades.

### **5.4.4. Edificio de deshidratación**

Los olores asociados a la operación de deshidratación son debidos al fango de alimentación, los productos químicos para su acondicionamiento, a la reacción de acondicionamiento y a cualquier combinación de estas causas.

Los olores asociados en los filtros banda se centran en:

- Zona de alimentación.
- La zona de drenaje por gravedad, donde se elimina el mayor volumen de agua.
- El sumidero de drenaje situado debajo del equipo.

El filtrado recogido en la zona de presión puede ser muy oloroso. Se debe conducir al sumidero del equipo y de este al suelo, cuya turbulencia en la caída produce la generación del olor.

La desodorización del edificio de deshidratación, si bien no impedirá que estos olores se produzcan en la deshidratación del fango, evitará la concentración de malos olores en su interior, por el riesgo que esto puede provocar en cuanto a corrosión y toxicidad.

## **5.5. CUBIERTA Y VENTILACIÓN**

La prevención de la liberación de olores se lleva a cabo mediante el empleo de cubiertas. Las cubiertas son por sí mismas el principal contribuyente al control de las emisiones de aire, puesto que aumentan la presión parcial en la interfase líquido-aire, reducen la convección a través de la superficie del líquido y favorecen la condensación del vapor.

El diseño de las cubiertas, su fabricación y los métodos de instalación determinan la estanqueidad de las mismas y del sistema de captación.

### **5.5.1. Cubierta pretratamiento**

La cubierta del pretratamiento se realiza con dos estructuras metálicas diferentes, separando el desbaste del desarenador-desengrasador.

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado III.1.1.

#### **5.5.1.1. Desbaste**

El desbaste de la EDAR se cubre con una estructura metálica con techo de dos aguas aligerada con cerramiento transparente para poder tener un control visual de la instalación. Se le practica un acceso a la zona interior y en su techo lleva una parte extraíble para facilitar el mantenimiento y la explotación de las rejillas.

Las características de la estructura metálica y el cerramiento son:

- Longitud (m):	6
- Anchura (m):	5
- Altura (m):	3,5

#### **Estructura:**

- Material:	Acero S275
-------------	------------

- Número de pórticos:	3
- Perfil del pórtico:	
Tirante de cercha	IPN-180
Pilar	HEB-140

**Cerramiento:**

- Material:	PVC transparente
-------------	------------------

Se ha elegido PVC por sus características:

- Alta resistencia química.
- Uso exterior e interior.
- Es impermeable.
- Peso relativamente bajo.
- Alta resistencia mecánica.
- Inalterabilidad a los rayos UV.
- Económico.

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado III.1.1.

PLANO 2

**5.5.1.2. Desarenador-Desengrasador**

Las dos líneas de desarenado-desengrasado se cubren de igual forma que el desbaste con una cubierta metálica con techo de dos aguas. Llevará un acceso al interior, así como una parte desmontable en el techo para mantenimiento de las unidades.

- Longitud (m):	13
- Anchura (m):	8,5
- Altura (m):	3,5

**Estructura:**

- Material:	Acero S275
-------------	------------

- Número de pórticos: 5
- Perfil del pórtico:
  - Tirante de cercha IPN-200
  - Pilar HEB-120

**Cerramiento:**

- Material: PVC transparente

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado III.1.1.  
PLANO 2

**5.5.2. Cubierta digestor aerobio**

Se proyecta una cubierta baja plana para las dos líneas de digestión aerobia de fangos colocada a 1 m de la superficie de fango, formada por sectores desmontables. Cada cubierta cuenta con una entrada de hombre para visualizar y poder acceder a su interior.

- Longitud (m): 35
- Anchura (m): 15
- Altura (m): 1
- Material: Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado III.1.2.

**5.5.3. Cubierta espesador**

El espesador se cubre de forma similar a los digestores, con una cubierta cónica circular colocada a 1 m de la superficie de los fangos, formada por sectores desmontables. Incluye una entrada de hombre para visualización y mantenimiento.

- Diámetro interior (m): 8,05
- Material: Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado III.1.3.

#### **5.5.4. Sistema de ventilación**

La ventilación adecuada permite controlar el calor, la toxicidad o la potencial explosividad del ambiente, en este caso, la finalidad de la ventilación se basa en la necesidad de eliminar el olor en los recintos confinados.

De las distintas formas de ventilación que se pueden emplear, se adopta una ventilación general por depresión, de forma centralizada, que se logra colocando un ventilador que extrae el aire de los recintos, lo que provoca que estos queden en depresión respecto a la presión atmosférica. El aire penetrará desde fuera en los locales por aberturas colocadas adecuadamente, generando la ventilación.

La forma de proceder adoptada para generar la ventilación de los recintos a desodorizar es calcular el caudal de aire a extraer por el ventilador en base al número de renovaciones/hora, esto es, las veces que debe renovarse por hora el volumen de aire del local.

Para su cálculo se determina primero el volumen de cada recinto, y se escoge luego el número N de renovaciones por hora, según sea la actividad desarrollada <sup>[11]</sup> (desbaste, desarenado, digestión...) y se multiplican ambos. Esta operación, realizada a cada zona de actuación, tiene como resultado final un caudal total de aire a desodorizar de 16000 m<sup>3</sup>/h (ANEXO 1, apartado III.1.).

Tanto para el edificio de deshidratación como para las cubiertas instaladas se deben seguir unas directrices a la hora de definir el sistema de ventilación:

- Los puntos de captación se sitúan diametralmente opuestos a las entradas de aire, de modo que el caudal de ventilación atravesase toda la zona contaminada, sin que queden zonas muertas o con aire sin renovar.
- Colocar los extractores cerca de los focos de contaminación para captar el aire nocivo antes de que se difunda por el recinto.

- Alejar el extractor de una ventana abierta o entrada de aire exterior, ya que se pueden crear corrientes de aire limpio preferenciales, algo que perjudica la renovación del aire del local.

Se ha adoptado una red en paralelo para la extracción del aire, es decir, se capta el aire de forma independiente de cada elemento cubierto o edificio, pero centralizado, es un mismo ventilador el que extrae el aire de los recintos.

La distribución y ubicación de los puntos de captación dentro del recinto es un tema fundamental para lograr la efectividad en el sistema de extracción, sobre todo en el edificio de deshidratación y en las cubiertas diseñadas del desbaste y desarenador-desengrasador. Respecto a la ubicación en altura de los puntos de captación es muy importante conocer la densidad de los gases a eliminar. Así, en la entrada de agua en la planta (desbaste y desarenado-desengrasado) donde el compuesto más probable es el sulfuro de hidrógeno, las tomas se deben situar a baja altura sobre el suelo debido a que este posee mayor densidad que el aire, y tenderá a acumularse en las zonas bajas del recinto. En el edificio de acondicionamiento y deshidratación de fangos, donde resulta muy común encontrar amoníaco, las tomas se deben situar en la zona alta de dicho edificio, puesto que el amoníaco tiene menor densidad que el aire, y tenderá a subir. Se deberá incluir algún punto de captación a baja altura para el sulfuro que también estará presente en este último caso.

## **5.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

Como se ha descrito en los apartados anteriores de este capítulo, la instalación para la desodorización se diseña para tratar un caudal de 16000 m<sup>3</sup>/h, actuando sobre las unidades de desbaste, desarenador-desengrasador, digestor aerobio de fangos, espesador y edificio de deshidratación.

El aire a tratar tendrá una composición de los compuestos odoríferos de control de 5 mg/Nm<sup>3</sup>.

### **5.6.1. Número de etapas**

El aire maloliente a tratar deberá pasar a través de las torres de absorción y oxidación-neutralización (torres de lavado) para la eliminación de los compuestos odoríferos. El número de torres necesarias para la eliminación de dichos compuestos será el número de etapas requeridas.

Según se definió en el apartado 4.2.4., se pueden adoptar 2 o 3 etapas dependiendo del número de compuestos de control a eliminar. Aunque para la eliminación del H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub> se describa un sistema de 3 etapas, en el presente proyecto se adopta la combinación de las dos últimas etapas (donde se elimina el H<sub>2</sub>S y el cloro residual generado) en una sola. Así pues, se tiene una instalación que constará de 2 etapas, la primera para eliminación del NH<sub>3</sub> y la segunda para eliminación de H<sub>2</sub>S (PLANO 3).

La combinación de las dos últimas etapas en una sola está justificada por la baja concentración de H<sub>2</sub>S en el aire a tratar, de forma que se considera suficiente para la eliminación del H<sub>2</sub>S (99% eficacia) una única torre de lavado con dimensiones adecuadas, con el consiguiente ahorro económico que esto supone.

Se muestra más detalladamente el funcionamiento del sistema adoptado:

El aire circula en contracorriente al líquido, desde la zona baja de la torre hacia arriba, atravesando una zona de relleno, donde se produce el mayor contacto y reacción de los compuestos.

Las reacciones se darán entre los compuestos a eliminar y los reactivos seleccionados para ello (siguiendo los criterios establecidos en el apartado 4.2.4. de selección del disolvente), como son el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) para tratar los compuestos nitrogenados, y la sosa cáustica (NaOH) y el hipoclorito sódico (NaOCl) para la absorción y oxidación de los sulfuros respectivamente (ANEXO 1, apartado III.2.). Las reacciones, una vez absorbido el gas en el líquido, se darán de forma instantánea como se describió en el apartado 5.2. de esta Memoria.

El aire tratado sale por la parte superior de la columna tras superar un sistema de separación de gotas, con el fin de que no arrastre ninguna partícula líquida de la solución química.

El líquido de lavado contenido en la parte inferior de cada torre es aspirado por una bomba de recirculación e introducido en la parte superior de la torre mediante un sistema de pulverización. Este se recupera en la base donde se recircula de nuevo al sistema de pulverización.

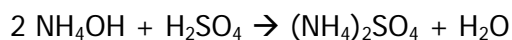
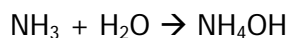
Debido al incremento de sustancias contaminantes en la disolución química a medida que aumentan los lavados se renuevan los reactivos mediante purgas, dosificación de nuevos reactivos y agua, regulado todo ello mediante sondas de pH y medidores redox.

### **Etao 1(torre 1), lavado de amoniaco y aminos**

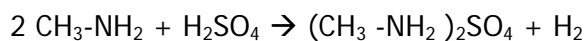
La misión de esta torre de contacto es eliminar los compuestos nitrogenados presentes en el aire. Fundamentalmente los compuestos mayoritarios son el amoniaco (85%) y aminos. Para ello la disolución utilizada mantiene un pH entre 2 y 4, mediante adición de ácido sulfúrico.

Las reacciones pueden simplificarse en:

*Neutralización de amoniaco:*



*Neutralización de aminos:*



### **Etao 2 (Torre 2), lavado de sulfuros y mercaptanos**

Generalmente una torre de lavado de este tipo es suficiente para la mayoría de los casos, incluido el presente proyecto. Sin embargo a veces es necesaria la incorporación de una tercera torre si la concentración de los contaminantes es muy alta.



La eliminación del sulfuro de hidrógeno alcanza un 99% y transcurre también la eliminación de mercaptanos y dimetilsulfuros. Para conseguir estos rendimientos se hace necesarias dos reacciones químicas: una primera de absorción del compuesto oloroso (a pH básico) y una segunda de oxidación del compuesto absorbido en la disolución (usando hipoclorito sódico como agente oxidante).

Se mantiene un pH entre 9 y 11 en la torre y unas condiciones redox en 400 y 500 mV, produciéndose un contenido residual de cloro de 0,6 g/l (procedente de la hidrólisis del cloruro sódico)

*Reacciones:*

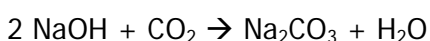
***Sulfuro de hidrógeno.***

1.- Reacción de absorción:



La mayor parte del SH<sub>2</sub> se encuentra en la disolución como SH<sup>-</sup>.

Una parte del hidróxido sódico también reacciona con el dióxido de carbono presente en el aire:



2.- Reacción de oxidación:



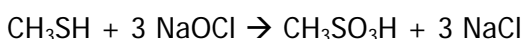
Esta reacción esta catalizada por la presencia de cloro residual en el baño.

***Mercaptanos.***

1.- Reacción de absorción:



2.- Reacción de oxidación:



El sistema de reacciones es enormemente más complejo, por lo que no se conoce exactamente la totalidad de ellas. Si se sabe que el subproducto final de ellas es ácido sulfúrico.

### ***Sulfuros.***

El más abundante de ellos es el dimetilsulfuro ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S).

El rendimiento de la reacción es prácticamente del 100% si en el baño el pH es inferior a 10 y si existen contenidos de cloro residual superiores a 0,4 g/l.

Las reacciones son aún más complejas que las anteriores. A grandes rasgos consiste en el paso de sulfuros a disulfuros seguido de diferentes componentes intermedios hasta llegar al estado final de ácido sulfúrico.

La utilidad de esta etapa también radica en la captación del cloro residual desprendido en la absorción-oxidación del H<sub>2</sub>S.

### **5.6.2. Torres de lavado**

Son columnas cilíndricas verticales ya definidas en el apartado 4.2.4. como torres de relleno, puesto que serán de este tipo las columnas utilizadas para la desodorización.

Se disponen 2 torres de lavado conectadas en serie, la primera es alimentada por el ventilador con los gases aspirados y la segunda tiene salida superior a la atmósfera de gases depurados. Las dimensiones calculadas en el apartado III.3. del ANEXO 1 son:

- Diámetro interior (m): 2
- Altura total (m): 5,1
- Espesor de construcción (mm): 5

Las torres constan además de:

- Depósito en la zona inferior de 3000 L de capacidad.
- Boca de entrada de aire DN-600.

- Soporte para el relleno.
- Bocas de carga-descarga del relleno DN-500.
- Indicador de nivel visual.
- Boca de salida de aire DN-1300.
- 3 rampas provistas de pulverizadores para la distribución de líquido.
- Diversas bocas para la inclusión de sondas de pH y redox (solo en columna 2), así como para rebose, vaciado, entrada de agua, aspiración de la bomba de recirculación y aporte de reactivo.

Las columnas están fabricadas en PRFV (Poliéster reforzado con fibra de vidrio). Se distinguen dos partes en la fabricación de estas columnas:

- Barrera química: fabricada con resina de poliéster bisfenol A, con elevada resistencia química y excelente estabilidad térmica.
- Refuerzo mecánico: fabricado con resina de poliéster insaturada de tipo ortoftálico en solución de estireno.

Ambos materiales, poliéster bisfenol A y poliéster ortoftálico, están reforzados con fibra de vidrio.

- Refuerzo vidrio: Velo de superficie de vidrio clase C de 50 gr/m<sup>2</sup> y material de hilos cortados de 300, 450 y 600 gr/m<sup>2</sup> de vidrio clase E con ligante en polvo soluble.

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado III.3.  
Memoria, Apartado 4.2.4.  
PLANO 4  
PLANO 5

### **5.6.3. Relleno**

En la zona de relleno es donde se produce el mayor intercambio entre gas y líquido. Es por tanto, una zona de especial interés.

Se adoptan anillos raschig metálicos de 50 mm de diámetro distribuidos aleatoriamente entre los soportes colocados para retener dichos anillos. Los soportes se encuentran distanciados 2000 mm (ANEXO 1, apartado III.3.4.) en la zona media de las columnas, posibilitando con esta longitud de relleno la transferencia de los compuestos odoríferos al líquido lavador y produciendo una pérdida de carga en el lecho de relleno de 94,26 mmH<sub>2</sub>O.

Las principales características de este tipo de rellenos a tener en cuenta en el diseño son:

- Área interfacial específica (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>): 95
- Volumen vacío (%): 92
- Densidad (kg/m<sup>3</sup>): 590

**Referencia:** ANEXO 1, Apartados III.3.4, III.3.5. y III.3.6.  
ANEXO 3

#### **5.6.4. Reactivos**

Son estos los causantes de la absorción y reacción de los compuestos olorosos. Como se definió en el apartado 5.6.1. los reactivos a emplear se aportarán en disoluciones de estos con una concentración óptima previamente establecida.

- Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Se emplea para el lavado de NH<sub>3</sub> utilizando una disolución al 40% en la primera etapa.

La dosificación mínima por cada hora de funcionamiento necesaria para obtener la eficacia deseada en el proceso de eliminación de NH<sub>3</sub> es de 0,44 L de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 40% (ANEXO 1, Apartado III.2.5.).

- Hidróxido de sodio (NaOH)

Su utilidad en el proceso radica en la absorción del sulfuro de hidrógeno (compuesto oloroso) del gas a la fase líquida así como para la neutralización del cloro residual generado en la segunda etapa. Su empleo es como Sosa diluida al 10%.

La dosificación mínima para una correcta absorción del sulfuro y considerando el empleo extra para la neutralización del cloro residual se estima en 69,455 litros diarios (ANEXO 1, Apartado III.2.4.).

- Hipoclorito sódico (NaOCl)

Una vez absorbido el sulfuro de hidrógeno por parte del hidróxido sódico se produce la oxidación de dicho sulfuro por parte del hipoclorito sódico aportado al 10% de concentración.

Se dosificarán como mínimo 5,85 litros por cada hora de funcionamiento de hipoclorito diluido para la oxidación del sulfuro (ANEXO 1, Apartado III.2.3.).

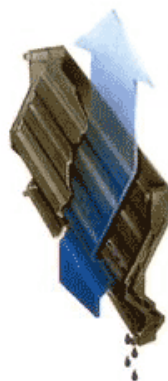
Para el uso, manipulación y almacenamiento de los reactivos químicos mencionados se tendrán en cuenta las características de éstos expuestas en el ANEXO 10, donde se muestran las Fichas internacionales de seguridad química (ICSC) elaboradas por IPCS (Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas) y CCE (Comisión de las comunidades europeas), así como la normativa vigente para el almacenamiento de productos químicos.

**Referencia:** ANEXO 1, Apartados III.2.  
ANEXO 10  
Memoria, Apartado 5.6.1.

#### **5.6.5. Separador de gotas**

A la salida del aire tratado por el líquido en la columna se coloca el separador de gotas. Este tiene como misión eliminar las pequeñas gotas de líquido que arrastra el aire odorífero a su paso por la columna, reteniéndolas entre las láminas que lo componen.

Su funcionamiento está basado en la fuerza centrífuga que se imprime a las gotas contenidas en la corriente de aire, siendo estas proyectadas contra las láminas y retenidas por unos resaltes colocados con este fin.



**Figura 5.4 Láminas del separador de gotas**

Teniendo en cuenta la velocidad de paso del aire por el separador (parámetro de diseño más importante) se adopta un separador de gotas para cada columna de lavado con las propiedades siguientes:

- Marca:	Munters Euroform
- Tipo:	DV 270 Flujo vertical
- Velocidad de paso (m/s):	3,7
- Área total (m <sup>2</sup> ):	1,33
- Área útil (m <sup>2</sup> ):	1,2
- Diámetro (m):	1,3
- Altura total (m):	0,5
- Pérdida de carga (mm H <sub>2</sub> O):	3,06
- Bloques de láminas (mm):	1000x610x170
- Material:	Polipropileno (PP)

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado III.3.7.  
ANEXO 4  
PLANO 4  
PLANO 5

### **5.6.6. Conducciones**

Según criterios de diseño y cálculos especificados en el apartado 3.10. y 3.7. del ANEXO 1 se adoptan las conducciones para gas y líquido de la instalación para absorción y oxidación-neutralización química por vía húmeda.

Las conducciones llevarán todos los accesorios necesarios para la conexión a los distintos equipos del sistema y entre ellas. Entre los accesorios se destacan, codos, tes, bridas y reducciones, todos fabricados en materiales similares a los de las conducciones o equipos a los que van anclados y que sean capaces de soportar las condiciones de funcionamiento establecidas.

#### **5.6.6.1. Gas**

Todas las conducciones de la corriente gaseosa en el sistema instalado tendrán las mismas características, entre estas se encuentran: la conducción del gas desde el ventilador a la primera torre, la conducción del gas de la primera a la segunda torre y la conducción del gas desde la segunda torre a la salida a la atmósfera.

- Diámetro: DN-600
- Material: Polipropileno (PP)
- Velocidad de paso del gas (m/s): 15,72

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado III.3.7.  
PLANO 3

#### **5.6.6.2. Líquido**

**- Tubería de aspiración de líquido de recirculación:**

- Diámetro exterior (mm): 110
- Espesor (mm): 4,2
- Velocidad del líquido (m/s): 1,11

- Presión máxima (atm): 10
- Material: Policloruro de vinilo (PVC)

**- Tubería de impulsión de líquido de recirculación:**

- Diámetro exterior (mm): 75
- Espesor (mm): 3,6
- Velocidad del líquido (m/s): 2,44
- Presión máxima (atm): 10
- Material: Policloruro de vinilo (PVC)

**- Tubería de aporte de reactivo:**

- Diámetro exterior (mm): 25
- Presión máxima (atm): 10
- Material: Policloruro de vinilo (PVC)

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado III.3.10.

PLANO 3

PLANO 4

PLANO 5

**5.6.7. Bombas de recirculación**

Las bombas de recirculación adecuadas para hacer llegar el líquido desde la base a la zona superior de la columna son las bombas centrífugas.

Se necesitan 2 bombas centrífugas, una para cada torre de lavado. Estas bombas se seleccionan según criterios establecidos en el apartado III.3.11.1. del ANEXO 1, de forma que las características son las siguientes:

- Marca: INBEAT
- Modelo: MPN Centrífuga horizontal monobloc
- Caudal (m<sup>3</sup>/h): 35,2



- Altura útil (m.c.a.): 18
- Potencia motor (KW): 5,5
- Revoluciones motor (r.p.m.): 2900
- Tensión (VIII): 220/380
- Material parte hidráulica: Polipropileno (PP)

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado III.3.11.1.

PLANO 3

ANEXO 6

### **5.6.8. Bombas dosificadoras**

Son las encargadas de realizar el aporte de reactivo necesario para la eliminación de los compuestos olorosos. Se necesitan 3 bombas dosificadoras, una por cada reactivo empleado en el proceso.

Según criterios de selección establecidos en el apartado III.3.11.2. del ANEXO 1, las bombas adecuadas tienen las siguientes características:

- Marca: DOSAPRO MILTON ROY
- Modelo: GA 25, Membrana
- Caudal máximo (L/h): 22
- Presión máxima (bar): 10
- Potencia motor (W): 60
- Revoluciones motor (r.p.m.): 3000
- Tensión (VIII): 220/380

Debido a que las propiedades de los reactivos son distintas entre ellos, la parte de las bombas dosificadoras en contacto con el reactivo serán distintas en cada una de ellas, de esta forma:

Bomba dosificadora para ácido sulfúrico:

- Cuerpo dosificador: Polifluoruro de vinidileno (PVDF)
- Membrana: Politetrafluoroetileno (PTFE)

Bomba dosificadora para hipoclorito sódico e hidróxido sódico:

- Cuerpo dosificador: Polipropileno (PP)
- Membrana: Politetrafluoroetileno (PTFE)

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado III.3.11.2.

PLANO 3

ANEXO 6

### **5.6.9. Ventilador**

Será el encargado de mantener en depresión las zonas de actuación referidas en la presente memoria. El ventilador impulsa el aire proveniente de las unidades de depuración a la primera torre de contacto, y una vez pasa por esta llegará a la segunda torre, hasta llegar a la atmósfera.

El ventilador debe vencer la pérdida de carga sufrida en las conducciones del gas y sus accesorios, en las torres de lavado y en los separadores de gotas. Según los criterios de selección y cálculos de pérdida de carga realizados en el apartado III.3.12. del ANEXO 1, se adopta un ventilador de las siguientes características:

- Marca: EUROP-PLAST
- Modelo: VCP HP 450 centrífugo
- Caudal (m<sup>3</sup>/h): 16000
- Presión estática (Pa): 2157,46
- Montaje: Transmisión de poleas y correas
- Potencia instalada (KW): 15
- Potencia real (KW): 11,25
- Velocidad de rodete (r.p.m.): 1800
- Revoluciones motor (r.p.m.): 1500

El montaje del ventilador será con transmisión por poleas y correas, de forma que si cambiaran las condiciones de especificación (caudal volumétrico y pérdida de carga total) un cambio de poleas permite la adaptación al nuevo condicionamiento.

**Referencia:** ANEXO 1, Apartado III.3.12.

ANEXO 7

PLANO 3

#### **5.6.10. Depósitos**

Se necesitan 3 depósitos de almacenamiento de reactivos líquidos, para  $H_2SO_4$ , NaOH y NaOCl.

La capacidad de cada depósito depende del caudal diario de reactivo suministrado al sistema de desodorización, de forma que según cálculos realizados en los apartados 2.3., 2.4. y 2.5. se adopta un volumen de almacenamiento para cada reactivo.

Depósito  $H_2SO_4$ : 1000 L

Depósito NaOH: 1300 L

Depósito NaOCl: 2500 L

El material de fabricación de los depósitos se adopta teniendo en cuenta la resistencia química a los reactivos, conforme a la tabla de resistencia química del catálogo de PLASTOQUÍMICA del ANEXO 8 los materiales de construcción de los depósitos son PE (Polietileno, de alta densidad, bajo peso específico y alto peso molecular) para el  $H_2SO_4$ , y PRFV (poliéster reforzado con fibra de vidrio) para NaOH y NaOCl. Se seleccionan estos depósitos del catálogo AIQSA como se observa en el ANEXO 8.

El depósito de almacenamiento de NaOH llevará instalado un agitador para evitar que este precipite y disminuya su concentración, de forma que se vería reducida la eficacia del proceso.

Se incluyen para los depósitos tomas de carga de reactivos, colocadas de forma que sean accesibles desde el vial.

**Referencia:** ANEXO 8

PLANO 3

### **5.6.11. Instrumentación**

La instalación de tratamiento de olores se completa con la inclusión de detectores de nivel, sistemas de medida de pH/potencial redox y válvulas.

#### **5.6.11.1. Detectores de nivel**

Son los encargados de indicar el nivel en los depósitos y en las cubas de la zona inferior de las torres de lavado. Se conectarán a válvulas y bombas para el control de estas, y su funcionamiento viene detallado en el capítulo 6. de esta Memoria.

#### **5.6.11.2. Sistema de medida de pH/potencial Redox**

Para que el pH y las condiciones Redox se mantengan siempre en el rango de trabajo establecido es necesario un sistema de medida de dichos parámetros, que será distinto en la etapa 1 de la etapa 2, puesto que en la etapa 2 es necesario el control de pH y mV, mientras que en la etapa 1 solo es necesario el control de pH.

- Sistema de medida etapa 1

- Controlador de pH, según catálogo CRISON, modelo pH 28.
- Electrodo de pH, según catálogo CRISON, modelo 53 33.
- Sonda de inmersión, según catálogo CRISON, modelo In 76.

- Sistema de medida etapa 2

- Controlador de pH/mV, según catálogo CRISON, modelo pH 28.
- Electrodo de pH, según catálogo CRISON, modelo 53 33.
- Electrodo de mV, según catálogo CRISON, modelo 53 53.
- 2 Sondas de inmersión, según catálogo CRISON, modelo In 76.

**Referencia:** ANEXO 9

### **5.6.11.3. Válvulas**

Las válvulas son elementos finales de control para el caudal de gas y líquido en las conducciones del sistema de desodorización. Dependiendo de la función que realicen se recomendará el uso de un tipo u otro de válvulas, pudiendo variar entre válvulas de regulación, válvulas de corte de flujo, válvulas de retención y electroválvulas.

- Válvulas de corte de flujo

Son válvulas tipo on/off interrumpiendo o permitiendo el paso del fluido en la conducción. Estas se instalarán en las conducciones de líquido, como en la tubería de impulsión o aspiración de líquido de recirculación, cortando el flujo cuando sea necesario. Se adoptan para realizar esta función en el presente proyecto válvulas de bola.

- Válvulas de retención

Su función será impedir el paso del fluido en sentido contrario al diseñado. Se incluirán válvulas de este tipo en la tubería de impulsión de líquido por la bomba de recirculación.

- Válvulas de regulación

Sirven para establecer el caudal de paso deseado por una conducción. Para las conducciones de aire las válvulas que realizan esta función son válvulas de mariposa con DN similar a la conducción en cuestión. Para las conducciones de agua las válvulas encargadas de regular el caudal serán electroválvulas.

- Electroválvulas

Se utilizan en el presente proyecto para regular el caudal de líquido en algunas conducciones, como en el caso del aporte de agua a las torres de lavado, donde serán controladas por el detector de nivel de líquido en la cuba inferior de la torre.

### **5.6.12. Aspectos constructivos de obra civil**

Se recomienda para cimentaciones superficiales la ejecución de losas para la colocación tanto de las torres de lavado como de los depósitos de almacenamiento de los reactivos.

En el emplazamiento donde se instala la instalación de absorción y oxidación-neutralización química por vía húmeda se proyecta una solera común de 12,5x6x0,3 metros por encima del terreno para agrupar los equipos y depósitos.

A la zona de la losa donde se encuentran situadas las torres de lavado se le rodea de un muro de 0,2 metros de altura para retención y como medida de seguridad. Con este muro se pretende abarcar todo el volumen de líquido contenido en las dos torres para que, en el hipotético caso de que hubiera un derrame o fuga, dicho volumen de líquido quede confinado en el recinto establecido por el muro.

De la misma forma, a las distintas divisiones para los depósitos de reactivos se las rodea con un cubeto de retención de 0,4 metros de altura para abarcar todo el volumen contenido en los depósitos.

La obra civil se proyecta en base a los criterios de la EHE, empleando hormigón armado HA-30 y acero corrugado B-500-S. La elección del tipo de hormigón idóneo se realiza según el tipo de ambiente y la aplicación, así para una exposición química de este tipo se recomienda el uso del hormigón nombrado.

Se mejora el terreno en profundidad con una capa de 0,2 metros de zahorra artificial compactada sobre la que se añade una capa de hormigón de limpieza HM-20 de 0,1 metros, todo esto debajo de las soleras de hormigón armado.

**Referencia:** PLANO 7

## **6. CONTROL Y MANTENIMIENTO EN PLANTA**

---

En el siguiente documento se darán a conocer el conjunto de actividades encaminadas a conseguir el funcionamiento óptimo del Sistema de tratamiento de olores para la EDAR de Conil de la Frontera (Cádiz).

### **6.1. CONTROL DEL PROCESO**

Para el control del proceso de tratamiento de los gases olorosos es necesario disponer de elementos para ello ya definidos en el capítulo 5. como son detectores de nivel, sistema de medida de pH/redox, bombas de recirculación, bombas dosificadoras y válvulas.

#### **6.1.1. Nivel de líquido en las torres**

Las torres poseen en su zona inferior unos depósitos para el líquido de lavado de 3000 L de capacidad, para controlar el nivel de estos depósitos se utilizan unos indicadores de nivel, concretamente 2, uno para cada columna.

Cada indicador de nivel posee 3 puntos de consigna, de forma que, si se alcanza alguno de estos puntos, automáticamente se actuará sobre alguno de los elementos de control nombrados anteriormente:

- Punto de consigna 1, Nivel mínimo (LSLL): si se alcanza el nivel mínimo del depósito se actúa sobre la bomba de recirculación (BR1 o BR2) del líquido de lavado, de manera que esta deje de funcionar.
- Punto de consigna 2, Nivel medio (LSL): cuando se alcanza el nivel medio del depósito se activa la entrada automática de agua a través de electroválvulas (una en cada torre).
- Punto de consigna 3, Nivel máximo (LSH): el depósito se encuentra lleno, por lo que se cierra la entrada automática de agua, parando la electroválvula.

**Referencia:** PLANO 3

### **6.1.2. Dosificación automática de ácido sulfúrico**

El control del aporte de ácido sulfúrico a la columna 1 lo realiza el sistema de medida de pH instalado en el depósito del líquido de lavado de dicha torre, mediante valores de consignas determinados:

- Punto de consigna 1, pH 4: arranca la bomba dosificadora (BD1) que aspira del depósito de almacenamiento de ácido sulfúrico (DEPÓSITO 1).
- Punto de consigna 2, pH 2: para la bomba dosificadora que aspira del depósito de almacenamiento de ácido sulfúrico.

La bomba dosificadora (BD1) aspira en carga de un depósito de 1000 L de capacidad e impulsa al depósito de líquido de lavado de la torre 1.

El depósito de almacenamiento de reactivo lleva a su vez un detector de nivel instalado, conectado con la bomba dosificadora, que actuará de igual forma que el detector de nivel para las torres de lavado, con 2 puntos de consigna:

- Punto de consigna 1, Nivel mínimo (LSL 3): si se alcanza el nivel mínimo del depósito se actúa sobre la bomba dosificadora, de manera que esta deje de funcionar y evitándose que esta trabaje en vacío.
- Punto de consigna 2, Nivel máximo (LSH 3): el depósito se encuentra lleno.

**Referencia:** Memoria, Apartado 5.6.11.2

PLANO 3

### **6.1.3. Dosificación automática de hipoclorito sódico**

El control del aporte de hipoclorito sódico a la columna 2 lo realiza el sistema de medida de potencial redox instalado en el depósito del líquido de lavado de dicha torre, mediante valores de consignas determinados:

- Punto de consigna 1, 500 mV: arranca la bomba dosificadora (BD3) que aspira del depósito de almacenamiento de hipoclorito (DEPÓSITO 3).



- Punto de consigna 2, 400 mV: para la bomba dosificadora que aspira del depósito de almacenamiento de hipoclorito.

La bomba dosificadora (BD3) aspira en carga de un depósito de 2500 L de capacidad (DEPÓSITO 3) e impulsa al depósito de líquido de lavado de la torre 2.

El depósito de almacenamiento de reactivo lleva a su vez un detector de nivel instalado, conectado con la bomba dosificadora, que actuará de igual forma que el detector de nivel para las torres de lavado, con 2 puntos de consigna:

- Punto de consigna 1, Nivel mínimo (LSL 5): si se alcanza el nivel mínimo del depósito se actúa sobre la bomba dosificadora, de manera que esta deje de funcionar y evitándose que esta trabaje en vacío.
- Punto de consigna 2, Nivel máximo (LSH 5): el depósito se encuentra lleno.

**Referencia:** Memoria, Apartado 5.6.11.2

PLANO 3

#### **6.1.4. Dosificación automática de hidróxido sódico**

El control del aporte de hidróxido sódico a la columna 2 lo realiza el sistema de medida de pH instalado en el depósito del líquido de lavado de dicha torre, mediante valores de consignas determinados:

- Punto de consigna 1, pH 9: arranca la bomba dosificadora (BD2) que aspira del depósito de almacenamiento de sosa (DEPÓSITO 2).
- Punto de consigna 2, pH 11: para la bomba dosificadora que aspira del depósito de almacenamiento de sosa.

La bomba dosificadora (BD2) aspira en carga de un depósito de 1300 L de capacidad (DEPÓSITO 2) e impulsa al depósito de líquido de lavado de la torre 2.

El depósito de almacenamiento de reactivo lleva a su vez un detector de nivel instalado, conectado con la bomba dosificadora, que actuará de igual forma que el detector de nivel para los otros depósitos de almacenamiento, con 2 puntos de consigna:

- Punto de consigna 1, Nivel mínimo (LSL 4): si se alcanza el nivel mínimo del depósito se actúa sobre la bomba dosificadora, de manera que esta deje de funcionar y evitándose que esta trabaje en vacío.
- Punto de consigna 2, Nivel máximo (LSH 4): el depósito se encuentra lleno.

**Referencia:** Memoria, Apartado 5.6.11.2

PLANO 3

## **6.2. SUPERVISIÓN Y OPERACIÓN**

Se han estudiado las características de las diferentes instalaciones, diferenciando dos actividades como más importantes:

- Supervisión: Se realizará en cada una de las máquinas y elementos que constituyen los procesos unitarios en lo referente a su funcionamiento normal dentro del proceso.
- Operación: De los elementos y máquinas cuyo funcionamiento suponga intervención manual, de forma continua o discontinua.

La línea de tratamiento de olores, debido a su carácter de proceso continuo, necesita una supervisión de los equipos que la componen, siempre que éstos funcionen correctamente y un ajuste de sus distintos parámetros para encaminar los procesos de un tratamiento correcto.

Esta supervisión y ajuste de parámetros pueden realizarse en un recorrido que se efectúe desde el principio al fin de ella. Será una persona encargada de él, pudiendo ser acompañado por otro operario de explotación, para ayudarle en su labor y como medida de seguridad.

Para que no existan dudas sobre los puntos a supervisar, ni sobre las modificaciones en los parámetros que se hayan realizado, se rellenarán unos partes de explotación donde figurarán todas las supervisiones a realizar correspondiendo cada parte a un tipo de tratamiento.

Todas aquellas anomalías que se observen en los equipos o en las distintas instalaciones y que requieran la intervención de los equipos de mantenimiento mecánicos, eléctricos o de conservación, las cursarán a éstos mediante una "orden de trabajo", rellena y firmada por el operario que en su recorrido haya comprobado la anomalía.

Las órdenes de trabajo tendrán prioridad sobre cualquier plan de trabajo que tuviera en esos momentos el equipo de mantenimiento al que vayan dirigidas, siempre que en ellas se haga constar el carácter de su urgencia.

Es obvio que nadie mejor que el operario que descubrió la anomalía sabrá la urgencia con que se deba reparar el equipo que la precede, de acuerdo con los procesos que esos momentos se estén desarrollando en la planta.

Las órdenes de trabajo que no requieran una intervención inmediata, serán realizadas de acuerdo con un programa de trabajo.

El Jefe de Explotación decidirá en los momentos en que pudiera surgir alguna duda sobre la urgencia de una orden, o sobre el momento de realizarla.

El modelo de "orden de trabajo", servirá para que el Jefe de Explotación demande la intervención de los equipos de mantenimiento.

### **6.3. MANTENIMIENTO**

Es el conjunto de operaciones a realizar en los diversos equipos de la planta, para que, en todo momento, se encuentren en óptimas condiciones de funcionamiento y seguridad.

Se dividirá esta actividad en dos apartados claramente diferenciados:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

#### **6.3.1. Mantenimiento preventivo**

Se trata del conjunto de operaciones a realizar en todos y cada uno de los equipos del sistema de tratamiento de olores, de forma anticipada y con carácter sistemático que disminuyan al máximo el riesgo de averías, roturas, accidentes y sus consecuencias.

A este tipo de mantenimiento se le debe dar una gran importancia y está plenamente justificada la inversión económica que lleva consigo.

No se debe llevar un mantenimiento a posteriori, es decir, reparando una vez se haya producido la avería y el equipo deje de funcionar. Ello lleva consigo andar a expensas de las averías, sin dejar tiempo a la planificación.

Se practicará un mantenimiento preventivo que disminuya el riesgo de averías, gracias a una supervisión constante y sistemática de los distintos equipos que integran la planta.

El programa de mantenimiento para un tratamiento de olores se puede realizar de la forma siguiente.

Se inicia con un estudio exhaustivo de los aparatos que integrarán la parte mecánica y eléctrica del tratamiento, basado en los manuales de entretenimiento editados por las empresas suministradoras de los equipos, dando como resultado la confección de las

llamadas “fichas de mantenimiento”, una para cada equipo, aunque en planta se encuentre duplicado, triplicado, etc. Cada ficha, describe todas las operaciones de mantenimiento, a realizar con un equipo concreto, así como su periodicidad. Incluye, además, los intervalos de engrase y cambios de aceite, con los tipos de aceite y grasa a emplear.

Estas operaciones vendrán agrupadas atendiendo a su grado de intervención en el desmontaje del equipo, de manera que las que requieran una intervención sobre el equipo somera y superficial, se denominarán con la letra I (Intermedio) y las que requieran intervención total, con el desmontaje completo del equipo, lo serán con la letra G (General).

Una vez realizado este estudio y confeccionadas las fichas de una manera provisional, serán enviadas a las distintas empresas suministradoras, quienes las completan o rectifican de acuerdo con su experiencia y puesta al día.

Devueltas de nuevo a la EDAR, se realizan las correcciones oportunas, dando por finalizado la confección de las “fichas de mantenimiento”, sin duda la parte más importante y delicada de todo el programa.

Durante este estudio, se determinan aquellos equipos que por sus especiales características, complejidad o sofisticación no sean factibles de incluir dentro de las fichas, por requerir la presencia de un técnico especialista de la propia empresa suministradora y, por tanto, de un contrato particular de mantenimiento con ella que abarque todo el año.

Una vez confeccionadas las fichas de mantenimiento, constituirán los equipos de mantenimiento la descripción exacta y concreta de todas las operaciones a realizar y de su periodicidad, pero no determinan en qué momento del año se ejecutarán. Para ello, y valiéndose de ellas como soporte, se confecciona el Plan Director de Mantenimiento y Engrase. En él, se distribuyen a lo largo del año, divididos en semanas, las operaciones que en las fichas fueron agrupadas en Parciales, Intermedias y Generales, empezando por estas últimas y terminando por los Parciales, teniendo en cuenta, además que aquella semana en la que se vaya a efectuar una revisión general de un equipo concreto, no será necesario realizar ningún otro tipo de revisión en él, ya sea Intermedia o Parcial. De igual manera, cuando se le efectúe una revisión de carácter intermedio, esa semana no será necesario efectuar la de carácter Parcial.

Una vez fijadas en las semanas del año para un equipo cualquiera las distintas operaciones por su carácter de intervención, se pasa a determinar teóricamente la duración de cada grupo de operaciones, asignándose una duración en horas, que será reflejada en la columna dispuesta a tal fin, con el encabezamiento HORAS A LA SEMANA. Multiplicando estas horas por el número de semanas a lo largo del año se realizarán dicho grupo de operaciones, tendremos el TOTAL DE HORAS AL AÑO que llevara realizarla.

Sumando las horas totales de cada grupo al año, se sacarán el N° de HORAS AL ORIGEN, que se tardará en revisar un determinado equipo.

El tercer paso en la confección del programa de mantenimiento preventivo consiste en la realización de los llamados DIARIOS DE INSPECCIÓN, basados en la FICHAS DE MANTENIMIENTO y en PLAN DIRECTOR. Cada DIARIO se redactará con el conjunto de operaciones a realizar cada día de trabajo, de manera que su duración no sobrepase las 8 horas de trabajo. Existirán pues, tantos DIARIOS DE INSPECCIÓN, como días de trabajo al año para cada equipo que configurarán el trabajo de todo el año, de tal forma que los equipos de mantenimiento sabrán cada día el trabajo a realizar, sin ningún tipo de dudas.

En ellos se reflejará:

- El día de las semana asignado para la inspección.
- La semana.
- La ficha de la máquina a inspeccionar.
- Los trabajos a desarrollar.
- La duración teórica en horas de trabajo.
- El resultado de la verificación.

### **6.3.2. Mantenimiento correctivo**

Se entiende como mantenimiento correctivo el conjunto de operaciones necesarias para reparar las averías y roturas producidas por los equipos durante su funcionamiento.

Se entiende que esta actividad está relacionada directamente con la efectividad del equipo y programa de mantenimiento preventivo, por lo cual la tendencia de su evolución se corregirá actuando sobre el mantenimiento preventivo implantado.

El equipo de mantenimiento correctivo dispondrá en su archivo un dossier completo de cada equipo. En este dossier figurarán los siguientes datos:

- Ficha de identificación de la máquina con fotografía.
- Emplazamiento.
- Características del equipo.
- Clasificación del equipo.
- Horas de funcionamiento.
- Ficha de lubricante y engrase.
- Historial de lubricación y engrase con observaciones.
- Características de los elementos auxiliares.
- Planos.
- Dirección y datos del fabricante.
- Historial de las averías.
- Observaciones más importantes.
- Costos de mantenimiento.
- Piezas de recambio.
- Instrucciones del mantenimiento del fabricante.

Este dossier estará controlado por el servicio de mantenimiento correctivo: se mantendrá al día y se reflejará en él la historia de la máquina con todas sus incidencias.

## **7. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

---

### **7.1. OBJETO DE ESTE ESTUDIO**

El ingeniero redactor, al afrontar la tarea de confeccionar del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, se enfrenta con la dificultad de intuir los riesgos y su proyección al acto de construir, seleccionar los que, en medio de todo el conjunto de circunstancias que todo ello origina y que en sí mismas puedan llegar a desvirtuar el objetivo del trabajo iniciado. Es decir, proyectar la materialización de la obra sin accidentes, ni enfermedades profesionales, además de detectar aquellos riesgos posibles que afecten a personas ajenas a la obra en su realidad física o en sus bienes, sin olvidar los llamados accidentes en blanco.

Para ello se encuentra entre los objetivos definir la tecnología más adecuada para la realización, analizar las unidades de obra en coherencia con los métodos constructivos a desarrollar, definir y evaluar todos los riesgos detectables que pueden aparecer a lo largo de la realización de los trabajos y diseñar las líneas preventivas a implantar durante el proceso de construcción.

Este Estudio Básico de Seguridad y Salud establece, durante la construcción de esta obra, las previsiones respecto a prevenciones de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Establece las directrices básicas en el campo de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por la que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud en proyectos de cualquier obra, pública o privada en las que se realice trabajos de construcción o ingeniería civil.



### **7.1.1. Características del proyecto**

#### **7.1.1.1. Descripción del proyecto**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud pertenece al proyecto de *"Redimensionamiento y tratamiento de olores para la EDAR de Conil de la Frontera"*.

La descripción detallada de todas estas obras se describen en la Memoria y en los Planos del presente Proyecto.

#### **Redimensionamiento**

Las opciones propuestas son el redimensionamiento tanto de la línea de agua como de la línea de fango, presentándose las dimensiones de las distintas unidades de tratamiento del agua residual. Esta parte del proyecto no define la construcción de dichas unidades de tratamiento.

#### **Tratamiento de olores**

Se definen las distintas alternativas que se han ido desarrollando para la eliminación del olor, tanto medidas correctoras y cambios operacionales en el proceso de depuración del agua residual como métodos para el tratamiento del aire odorífero.

Una vez definidas y evaluadas las alternativas, se realiza la elección y diseño de aquella más viable, *la absorción y oxidación-neutralización química por vía húmeda*.

Así mismo está previsto:

- Cubrir el espesador.
- Desodorización de gases del edificio de deshidratación.
- Cubierta de pretratamiento.
- Desodorización de gases del pretratamiento.
- Cubrir la unidad de digestión aerobia de fangos.
- Desodorización de los gases generados en la digestión y el espesamiento de fangos.

#### **7.1.1.2. Presupuesto**

El Presupuesto de Ejecución del Proyecto asciende a la cantidad de TRESCIENTOS MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS.

#### **7.1.1.3. Personal previsto**

Se prevé un número máximo de personas coincidiendo en el tiempo de SIETE.

#### **7.1.1.4. Interferencias y servicios afectados**

Antes del comienzo de la obra se investigará la posible existencia de todos los servicios afectados (agua, gas, electricidad, teléfonos, alcantarillado...), para adoptar las medidas precisas ante cualquier eventualidad.

#### **7.1.1.5. Unidades constructivas que componen la obra**

##### **Obras terrestres**

- Excavaciones en zanjas y pozos.
- Rellenos.

##### **Edificios y elementos de la depuradora**

- Cubrición del espesador y digestor aerobio de fangos.
- Extracción del aire.
- Cubierta obra de llegada y pretratamiento
- Desodorización.

### **7.1.1.6. Medios previstos para la ejecución**

#### **Maquinaria**

- Retroexcavadora.
- Compactador manual.
- Camiones.
- Camión hormigonera.
- Grúa automóvil.
- Grupos de soldadura.

#### **Elementos auxiliares**

- Andamios metálicos.
- Escaleras metálicas.
- Chapas y aparellaje de encofrados.
- Útiles y herramientas manuales.
- Protecciones colectivas (vallas, carteles, señales, redes, etc.).

#### **Instalaciones de obra**

- Talleres y almacén de tuberías, piezas especiales y equipos electromecánicos.

## **7.2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS**

### **7.2.1. Riesgos profesionales**

#### **7.2.1.1. Obras terrestres**

- Caídas a distintos niveles.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de objeto.
- Atropellos por maquinaria y vehículos.

Aprisionamiento por máquinas y vehículos.  
Colisiones al mismo nivel.  
Golpes con herramientas.  
Polvo y ruido.  
Proyección de partículas en los ojos.  
Afección de la piel.  
Lumbago (operadores de máquinas).  
Interferencias con servicios afectados.

#### **7.2.1.2. Edificios y elementos de la depuradora**

Afecciones de la piel.  
Golpes contra objetos.  
Caídas al mismo y a distinto nivel.  
Heridas punzantes en pies y manos.  
Dermatitis por cemento.  
Salpicaduras de hormigón, mortero, pinturas, yeso y cemento en ojos.  
Erosiones y contusiones en manipulación.  
Atropellos por maquinaria.  
Heridas por máquinas cortadoras.  
Atrapamientos por maquinaria y medios mecánicos auxiliares.  
Cortes, pinchazos y golpes con máquinas, herramientas y materiales.  
Desprendimiento carga de grúas y aparatos elevadores.  
Vértigo y pérdida del equilibrio por la altura.  
Caídas y/o vuelco de grúas.  
Descargas eléctricas y electrocución.  
Daños a la vista en trabajos de soldadura.  
Humos metálicos en soldadura.  
Quemaduras y radiaciones en trabajos de soldadura.  
Explosión de gases en trabajos de soldadura.  
Incendios en trabajos de soldadura.

### **7.2.1.3. Ejecución excavación en zanjas o pozos y tendidos y colocación de tuberías**

Atrapamientos por retroexcavadoras y/o camiones.

Caídas a distinto nivel.

Caídas al mismo nivel.

Caída de objetos y piedras.

Atrapamiento de las manos y pies con tuberías y pie.

Polvo y ruido.

Manejo de explosivos y voladuras.

Atrapamientos por el terreno (desprendimientos).

Golpes con herramientas.

Proyecciones de hormigón.

Hundimiento.

### **7.2.1.4. Ejecución de las estructuras y restantes obras de fábrica**

Afecciones de la piel.

Golpes contra objetos.

Caídas a distinto nivel.

Caídas al mismo nivel.

Caídas de objetos.

Heridas punzantes en pies y manos.

Dermatitis por cemento.

Salpicaduras de hormigón en ojos.

Erosiones y contusiones en manipulación.

Atropellos por maquinaria.

Heridas por máquinas.

Atrapamientos por maquinaria.

Heridas por máquinas cortadoras.

Cortes, pinchazos y golpes con máquinas, herramientas y materiales.

### **7.2.1.5. En instalaciones electromecánicas**

Caídas a distinto nivel.

Caídas al mismo nivel.

Caída de objetos y elementos metálicos.

Golpes contra objetos.

Cortes y heridas punzantes en pies y manos.

Descargas eléctricas.

Electrocución.

Daños a la vista en trabajos de soldadura.

Humos metálicos en soldadura.

Quemaduras en trabajos de soldadura.

Radiaciones en trabajos de soldadura.

Explosión de gases en trabajos de soldadura.

Incendios en trabajos de soldadura.

Atrapamiento por máquinas.

Heridas por máquinas cortadoras y similares.

### **7.2.2. En maquinaria e instalaciones auxiliares.**

#### **7.2.2.1. Con la grúa móvil**

Vuelco de la grúa por fallo del terreno.

Vuelco de la grúa por exceso de carga.

Desprendimiento de la carga.

Pinchazos en manejo de cables.

Contactos con líneas eléctricas.

Golpes a las eléctricas.

Incendios.

#### **7.2.2.2. Con el camión hormigonera**

Atrapamientos.

Atropellos.  
Resbalones.  
Eczema y caustificaciones.  
Golpes.  
Salpicaduras.

#### **7.2.2.3. Con la retroexcavadora**

Golpes o aplastamientos durante el movimiento del giro.  
Caídas del conductor al subir o bajar de la máquina.  
Atrapamientos y vuelcos.  
Protección de piedras sobre el operador.

#### **7.2.2.4. Con el camión volquete**

Incendio.  
Resbalones del conductor al subir o bajar de la máquina.  
Caídas por borde de talud.  
Colisiones marcha atrás.  
Atropellos y vuelcos.  
Protección de piedras al conductor.  
Contactos con líneas eléctricas.  
Caídas del operador al subir o bajar de la máquina.  
Atrapamientos.  
Salidas del freno por vibraciones.  
Escape de palanca de velocidad.

#### **7.2.3. Riesgo de daños a terceros.**

Estos daños se pueden producir principalmente en:

Enlacen con carreteras y cruces.  
Acceso a pueblos.

Cruce con camiones vecinales de fincas colindantes.

Este riesgo se acrecienta notablemente en las intersecciones con otras carreteras, por utilización simultánea del mismo espacio físico por dos corrientes de tráfico que se cruzan, además de por el personal y maquinaria de obra. Igualmente en los accesos a poblaciones y travesías aumenta el atropello a personas y de caída de éstas a las zanjas o excavaciones en general.

Otros riesgos pueden venir dados por la instrucción de terceras personas en la parcela de actuación una vez comenzados los trabajos, para ello se considerará la protección y señalización de una zona de peligro, que se denominará así una franja de cinco metros alrededor de la zona de trabajo dónde se desenvuelven las máquinas, vehículos y operarios trabajando. Y a su vez se impedirá el acceso a personas ajenas.

Los riesgos por tanto, pueden ser los siguientes:

Caidas al mismo nivel.

Caidas a distinto nivel.

Atropellos.

#### **7.2.4. Varios.**

##### **7.2.4.1. Riesgos producidos por agentes atmosféricos**

Afecciones de la piel.

##### **7.2.4.2. Riesgos eléctricos**

Electrocuciones.

##### **7.2.4.3. Riesgos de incendios y explosiones**

Quemaduras.



Muerte.

### **7.3. MEDIDAS PREVENTIVAS TIPO A APLICAR**

#### **7.3.1. Protecciones colectivas.**

Cuando se diseñen los sistemas preventivos, se dará prioridad a los colectivos sobre los personales o individuales.

En cuanto a los colectivos, se preferirán las protecciones de tipo preventivo (las que eliminan los riesgos) sobre las de protección (las que no evitan el riesgo, pero disminuyen o reducen los daños del accidente).

La protección personal no dispensará en ningún caso de la obligación de emplear los sistemas de tipo colectivo.

#### *Mantenimiento*

Los medios de protección, una vez colocados en obras, deberán ser revisados periódicamente y antes del inicio de cada jornada, para comprobar su efectividad.

##### **7.3.1.1. Señalización general**

- Carteles indicativos o letreros de riesgos generales de obra.
- Obligatorio uso de cascos, cinturón de seguridad, gafas, mascarillas, protectores auditivos, botas y guantes.
- Riesgo eléctrico, caída de objetos, caída a distintos niveles, maquinaria pesada en movimientos, cargas suspendidas, incendio y explosiones.
- Entrada y salida de vehículos.
- Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra, prohibido encender fuego, prohibido fumar y prohibido aparcar.
- Señal informativa de localización de botiquín y de extintor.
- Cinta de balizamiento.

### **7.3.1.2. Instalación eléctrica**

- Conductor de protección y pica o placa de puesta a tierra.
- Interruptores diferenciales de 30 mA de sensibilidad para alumbrado y de 300 mA para fuerzas.

### **7.3.1.3. Pantallas**

- Protección contra caída en la zanja.

### **7.3.1.4. En trabajos de vaciado y excavaciones**

- Para el acceso del personal al tajo, se utilizará escaleras independientes del acceso de los vehículos.
- Barandilla de protección.
- Tope de desplazamiento de vehículos.
- Cinta de balizamiento.

### **7.3.1.5. Instalaciones y acabados**

- Válvulas antirretroceso en mangueras de equipos de sopletes.

### **7.3.1.6. Protección contra incendios y explosiones**

- Se emplearán extintores portátiles adecuados a las distintas zonas de la planta.
- Mangueras contra incendios.
- Detectores de metano portátiles (explosímetros).
- Equipo de extracción para zonas de metano.

### **7.3.1.7. Maquinaria**

- Avisador óptico y acústicos de marcha atrás en máquinas y vehículos de obra.

### **7.3.2. Protecciones individuales.**

El presente apartado se aplicará a los equipos de protección individual, en adelante denominados EPI, ésta técnica constituye el último eslabón en la cadena preventiva entre el trabajador y el riesgo, resultando de aplicación como técnica preventiva complementaria de la colectiva, y nunca como técnica sustitutiva de la misma.

Cuando el uso de las técnicas colectivas no resulte posible o conveniente, como medida complementaria de ellas, se recurrirá a las protecciones individuales.

Sólo podrán disponerse en obra y ponerse en servicio los EPI's que garanticen la salud y la seguridad de los usuarios sin poner en peligro la salud y la seguridad de las demás personas o bienes, cuando su mantenimiento sea adecuado y cuando se utilicen con acuerdo con su finalidad.

A todos los efectos se considerarán conforme a las exigencias esenciales mencionadas los EPI's que lleven la marca "CE" y, de acuerdo con las categorías establecidas en las disposiciones vigentes.

#### **7.3.2.1. Protección de la cabeza**

- Cascos para todas las personas que trabajen en la obra, incluido visitantes.
- Gafas contra impacto y antipolvo.
- Gafas para oxicorte.
- Pantalla de soldadura.
- Pantalla facial transparente.
- Máscaras personales contra ambientes de cloro.
- Máscaras personales contra metano.
- Mascarillas antipolvo.
- Filtros para mascarillas.
- Equipos de respiración semiautónomos.
- Protectores auditivos.
- Pantalla contra protección de partículas.

- Válvulas de seguridad antirretrocesos en sopletes.

#### **7.3.2.2. Protección del cuerpo**

- Cinturón de seguridad, cuya clase se adaptará a los riesgos específicos de cada trabajo.
- Cinturón antivibratorio.
- Monos o buzos. Se tendrán en cuenta las reposiciones a lo largo de la obra, según Convenio Colectivo Provincial.
- Trajes de agua. Se prevé un acoplo en obras.
- Mandil de cuero de soldador.
- Chalecos reflectantes.
- Válvulas de seguridad antirretroceso en sopletes.

#### **7.3.2.3. Protecciones extremidades superiores**

- Guantes de uso general.
- Guantes de goma finos, para albañiles y operarios que trabajen en hormigonado.
- Guantes de cuero y anticorte, para manejo de materiales y objeto.
- Guantes dieléctricos para su utilización en baja tensión.
- Guantes de amianto (ignífugos).
- Equipo soldador (guantes y manguitos de soldador).
- Válvulas de seguridad antirretroceso en sopletes.
- Muñequeras antivibratorias.

#### **7.3.2.4. Protecciones extremidades inferiores**

- Botas de agua.
- Botas de seguridad.
- Botas de seguridad de lona.
- Botas de seguridad de cuero.
- Botas dieléctricas.
- Polainas de soldador.

- Válvula de seguridad antirretroceso en sopletes.

### **7.3.3. Formación.**

Todo el personal debe recibir, al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, juntamente con la medida de seguridad que deberá emplear.

Eligiendo al personal más cualificado, se impartirán cursillos de socorrismo y primeros auxilios, de forma que todos los tajos dispongan de un socorrista.

Antes del comienzo de nuevos trabajos específicos se instruirá a las personas que intervengan en ellas sobre los riesgos con que se van a encontrar y el modo de evitarlos.

### **7.3.4. Medicina preventiva y primeros auxilios.**

#### **7.3.4.1. Botiquines**

Se dispondrá de un botiquín al menos en los siguientes lugares:

- Talleres.
- Muros y edificios con una altura superior a los 4 m.

#### **7.3.4.2. Asistencia a accidentados**

Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.), donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Es muy conveniente disponer en la obra, y en sitio bien visible, de una lista con los teléfonos y direcciones de los Centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de asistencia.

### **7.3.4.3. Reconocimiento médico**

Todo el personal que empiece a trabajar en la obra, deberá pasar un reconocimiento médico previo o deberá justificar que a pasado por uno no hace más de un año.

### **7.4. PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS**

En prevención de daños a terceros, se tomarán las siguientes medidas de protección:

- Vallas de limitación y protección, balizas luminosas y carteles de prohibido el paso en:

- Posibles demoliciones.
- Zonas de trabajo.
- Zonas de maquinaria.
- Zanjás.
- Zonas de acopio.

- Riesgo de las zonas de trabajo que generan polvo o que pueda interferir a terceros, disponiendo uno o varios equipos y brigadas dedicados exclusivamente a este menester si las condiciones de riesgos a terceros lo hiciesen aconsejable a juicio del Director de la obra.

- Se señalizarán los accesos naturales a la obra, prohibiéndose el paso a toda persona ajena a la misma, colocándose en su caso los cerramientos necesarios.

Se procurará efectuar los riesgos de agua precisos, para evitar la existencia de polvo, que puede ser muy peligroso para el tráfico de vehículos.

Si las circunstancias de riesgo en la obra lo aconsejasen, se podrán modificar y adaptar todas estas normas de acuerdo a la marcha de los trabajos y necesidades que aparezcan que no encuentren contenidas en este documento, con la aprobación del jefe de la obra y el Vº Bº de la Dirección facultativa.

## **8. DISPOSICIONES LEGALES**

---

El presente proyecto se ha realizado cumpliendo la legislación vigente y observando las normas que se relacionan a continuación:

### **8.1. NORMATIVA GENERAL**

- Real Decreto 509/1926 de 15 de Marzo, de desarrollo del R.D. 11/95 por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas BOE nº 77; 29-03-96.
- Decreto 883/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la ley 38/1972, de 22 de diciembre, de protección del ambiente atmosférico.
- Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, Decreto 2414/1961 de 30 de Noviembre de 1961 en que se establece los olores como actividad molesta.
- Decreto 74/1996, de 20 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de la Calidad del Aire (BOJA nº 30, 7 de marzo, 1996).
- UNE-EN 12255-9:2003. Plantas depuradoras de aguas residuales. Parte 9: Control y ventilación de olores.
- Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE) del Ministerio de Fomento.
- Normas vigentes para la redacción de Proyecto de Abastecimiento de agua y saneamiento de Poblaciones.
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE.
- ECV - Estructuras. Cargas de viento.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Ley 29/1.992, de 16 de julio, de Industria.
- Decreto 379/2001, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos.

## **8.2. NORMATIVA ESPECÍFICA DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **Directivas sobre seguridad y salud en el trabajo**

La directiva fundamental en esta materia es la 89/391/CEE (Directiva del Consejo de 12 de junio de 1.989 relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo). Dicha directiva, recibe el sobrenombre de Directiva "Marco" de Seguridad. Es la directiva que fija las principales reglas de juego para los empresarios y los trabajadores en lo que se refiere a la mejora de la seguridad y la salud en el trabajo. La Directiva "Marco" abre la puerta a un abanico de directivas específicas sobre seguridad y salud en el trabajo, que se clasifican en varios grupos, según su contenido:

- Colectivos especiales de trabajadores.
- Lugares de trabajo.
- Agentes contaminantes.
- Otras directivas.

### **Ley De Prevención De Riesgos Laborales**

La *Ley 31/1.995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales* transpone al Derecho español la Directiva "Marco" 89/391/CEE, al tiempo que incorpora al que será nuestro cuerpo básico en esta materia disposiciones de otras Directivas cuya materia exige o aconseja la transposición en una norma de rango legal, como son las Directivas 92/85/CEE, 94/33/CEE y 91/383/CEE, relativas a la protección de la maternidad de los jóvenes y al tratamiento de las relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal. Hasta la aprobación de esta Ley, esta materia estaba regulada fundamentalmente por la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 1.971.

La política en materia de prevención tendrá por objeto la promoción de la mejora de las condiciones de trabajo dirigida a elevar el nivel de protección de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.



Dicha política se llevará a cabo por medio de las normas reglamentarias y las actuaciones administrativas que corresponda; se orientarán a la coordinación de las distintas Administraciones públicas competentes en materia preventiva y a que se armonicen con ellas las actuaciones que conforme a esta Ley correspondan a sujetos públicos y privados, a cuyo fin:

- La Administración General del Estado, las Administraciones de las Comunidades Autónomas y las entidades que integran la Administración local prestarán cooperación y asistencia para el eficaz ejercicio de sus respectivas competencias en el ámbito de lo previsto en este artículo.

- La elaboración de la política preventiva se llevará a cabo con la participación de los empresarios y de los trabajadores a través de sus organizaciones empresariales y sindicales.

En el ámbito de la Administración General del Estado se establecerá una colaboración permanente entre el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y los Ministerios que correspondan, en particular los de Educación y Ciencia y de Sanidad y Consumo, al objeto de establecer los niveles formativos y especializaciones idóneas, así como la revisión permanente de estas enseñanzas, con el fin de adaptarlas a las necesidades existentes en cada momento.

### **Reglamento de los servicios de prevención**

Según el Artículo 1º del R.D. 39/1.997, del 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención, la prevención de riesgos laborales (como actuación a desarrollar en el seno de la empresa) deberá integrarse en el conjunto de sus actividades y decisiones, tanto en los procesos técnicos, en la organización del trabajo y en las condiciones en que éste se preste, como en la línea jerárquica de la empresa, incluidos todos los niveles de la misma.

La integración de la prevención en todos los niveles jerárquicos de la empresa implica la atribución a todos ellos y la asunción por éstos de la obligación de incluir la

prevención de riesgos en cualquier actividad que realicen u ordenen y en todas las decisiones que adopten.

La organización de los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades preventivas se realizará por el empresario con arreglo a alguna de las modalidades siguientes:

- Asumiendo personalmente tal actividad.
- Designando a uno o varios trabajadores para llevarla a cabo.
- Constituyendo un servicio de prevención propio.
- Recurriendo a un servicio de prevención ajeno.

### **Otras Disposiciones**

- Real Decreto 1.627/1.997, del 24 de octubre, Seguridad y Salud, Obras de Construcción.
- Real Decreto 1.215/1.997, del 18 de agosto, Seguridad y Salud, Utilización de equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1.997, del 30 de mayo, Seguridad en equipos de protección individual.
- Real Decreto 665/1.997, del 12 de mayo, Protección trabajadores contra agentes cancerígenos.
- Real Decreto 664/1.997, del 12 de mayo, Protección trabajadores contra agentes biológicos.
- Real Decreto 480/1.997, del 14 de abril, Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1.997, del 14 de abril, Señalización de seguridad.
- Real Decreto 39/1.997, del 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1.316/1.989, del 27 de octubre, Protección de trabajadores frente a los ruidos.
- Ley general de la Seguridad Social.
- Estatuto de los Trabajadores.
- Real Decreto 245/1989 de 27-2 sobre determinación y limitación de potencias acústicas admisibles en determinado material y maquinaria de obra (BOE 11-3-89). Modificado por O. de 17.11.89 (BOE1-12-89). O. de 18.7.91 (BOE 26-7-91) y RD 71/1992 (BOE 6-2-92).

- Real Decreto 1942/1993 de 5-11 por el que se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios (BBOOE 14-12-92 y 7-5-94).
- Real Decreto 2200/1995 de 28 de diciembre por el que se aprueba el reglamento de la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial (BOE 6-2-96).
- Real Decreto 2291/1985 de 8 de noviembre. Reglamento de aparatos de elevación y manutención de los mismos.
- Real Decreto 2370/1996 de 18 de noviembre instrucción técnica complementaria MI-AEM-4 del reglamento de aparatos de elevación y manutención referente a grúas móviles autopropulsadas.
- Real Decreto 88/1990 de 26 de enero sobre protección de los trabajadores mediante la prohibición de determinados agentes específicos o determinadas actividades.
- Real Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre comercialización y libre circulación de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 1407/1992 de 27 de octubre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 407/1992 del 24 de abril, norma básica de protección civil.
- Norma básica de edificación.
- Real Decreto 1495/1986, de 26 de mayo, reglamento de seguridad en las maquinas.
- Norma UNE -en para la homologación de medios de protección personal.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 39/97, de 17 de enero, reglamento de los servicios de protección.
- Real Decreto 487/97 de 14 de abril sobre disposiciones mínimas de seguridad para la manipulación de cargas.
- Real Decreto 488/97 de 14 de abril sobre pantallas de visualización.
- Directiva 92/057CEE del consejo de 24 de junio de 1992, relativa a las prescripciones mínimas de seguridad y salud que han de aplicarse a las obras temporales.

Son de aplicación otras disposiciones vigentes aplicables o que puedan ser dictadas en un futuro hasta que este proyecto esté vigente.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

---

### **LIBROS**

- [1] **"Manual de depuración Uralita"**. Sistemas de depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes"; Aurelio Hernández Muñoz, Aurelio Hernández Lehmann, Pedro Galán Martínez. 1ª Edición, Ed. Paraninfo, 1996.
- [2] **"Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales"**; Aurelio Hernández Lehmann. 1ª Edición, Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos, 1997.
- [3] **"Tratamiento de aguas residuales"**; R.S. Ramalho. Editorial Reverté, S.A., 1996.
- [4] **"Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización"**; Metcalf & Hedí. 3ª Edición, Ed. Mc Graw Hill, 1995.
- [5] **"Operaciones Unitarias en Ingeniería Química"**; McCabe, W.L., Smith, J.C. y Harriott, P. 6ª Edición, Ed. McGraw-Hill, 2001.
- [6] **"Ingeniería Química"**; Coulson, J.M. y Richardson, J.F. Ed. Reverté, 1982.
- [7] **"Manual del Ingeniero Químico"**; Robert H. Perry, Don W. Green. 7ª Edición, Ed. Mc Graw Hill, 2001.
- [8] **"Introducción a la Ingeniería Química"**; Walter L. Badger. Ed. Del Castillo, S.A., 1964.
- [9] **"Operaciones de Transferencia de Masa"**; Treybal, R.E., Ed. McGraw-Hill. México, 1993.
- [10] **"Perry. Manual del Ingeniero Químico"**; Perry. 3ª Edición, Ed. Mc Graw Hill, 1992.

- [11] **"XXIII Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras"**; CEDEX, Madrid, 2005.
- [12] **"Ventilación industrial"**; Enrique Carnicer. 2ª Edición, Ed. Paraninfo S.A., 1994.
- [13] **"Introducción a las operaciones de separación. Contacto continuo"**; A. Marcilla Gomis. Publicaciones de la universidad de Alicante, Textos docentes.
- [14] **"Ingeniería ambiental"**; J.Glynn Henry y Gary W. Heinke. Prentice-Hall, México, 1999.

## **REVISTAS**

- **"Tecnología del agua"**; NUM. 261, Junio 2005.
- **"Tecnología del agua"**; NUM. 251, Agosto 2004.
- **"Ingeniería Química"**; N° 410, Febrero 2004.
- **"Tecnología del agua"**; NUM. 237, Junio 2003.
- **"Tecnología del agua"**; NUM. 267, Diciembre 2005.
- **"Ingeniería Química"**; N° 421, Febrero 2005.
- **"Ingeniería Química"**; Febrero 2002.

## **RECURSOS WWW**

- Instituto nacional de estadística, [www.ine.es](http://www.ine.es)
- Ministerio del medio ambiente, [www.mma.es](http://www.mma.es)
- Sistemas y Equipos de ozonización, [www.sistemasozono.com](http://www.sistemasozono.com)
- [www.plastoquimica.com](http://www.plastoquimica.com)
- Ministerio de trabajo y asuntos sociales, [www.mtas.es](http://www.mtas.es)
- [www.crison.fr](http://www.crison.fr)
- [www.inbeat-sp.com](http://www.inbeat-sp.com)
- [www.europ-plast.com](http://www.europ-plast.com)
- [www.dosapro.com](http://www.dosapro.com)

- [www.aiqsa.com](http://www.aiqsa.com)
- [www.tecnicum.es](http://www.tecnicum.es)

## **MEMORIA**

### **Anexos a la Memoria**

## **ANEXO 1:**

### **CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**



## I. LÍNEA DE AGUA. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO

### 1. BASE DE CÁLCULO

#### 1.1. Estudio aumento poblacional

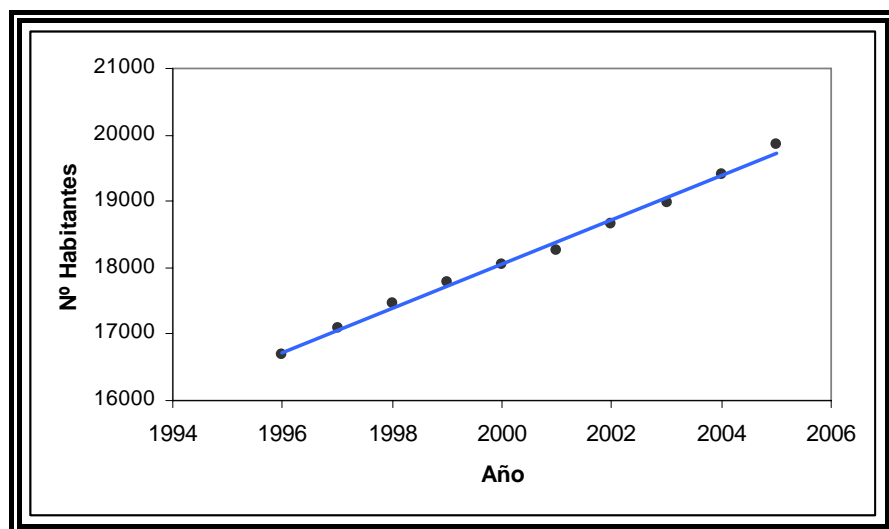
El estudio demográfico del municipio de Conil de la Frontera se realiza como imprescindible primer paso para la estimación de la población futura y la justificación del progresivo aumento poblacional para el redimensionamiento de una EDAR capaz de tratar el agua residual producida, tanto en invierno como en época estival.

Según el departamento de Estadística del Exmo. Ayuntamiento de Conil de la Frontera la población censada en el municipio en los últimos diez años se refleja en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Población censada**

AÑO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Habitantes	16687	17089	17470	17773	18036	18269	18656	18979	19417	19850

Representando gráficamente estos datos, se observa la tendencia ascendente de la población:



**Figura 1. Evolución población censada**

Teniendo en cuenta esta tendencia ascendente de la población se puede calcular el número de habitantes en el municipio para el año horizonte fijado en 2027, con la regresión aplicada a los datos de población anteriores:

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ habitantes} &= 334,48 \times \text{Año} - 650914 \quad (1) \\ R^2 &= 0,9942 \end{aligned}$$

Se obtienen 26742 habitantes (población de derecho) para el año horizonte.

No obstante, en Conil de la Frontera se da una gran actividad turística a lo largo del año, que no viene reflejada en estos datos censados, por lo que se debe estimar este aumento de población temporal que en definitiva será el que justifique la necesidad de la ampliación de las unidades de tratamiento de la EDAR actual.

Los picos en el aumento de población se darán durante el período de verano, por tanto, realizando un estudio de población en estos períodos se obtendrá la población de hecho punta que servirá como base de cálculo.

Para evidenciar este aumento poblacional, se parte del estudio realizado por la Oficina de Turismo del municipio, en el cual se hace un recuento mensual del número de personas que reciben atención en dicha oficina a lo largo del año 2006:

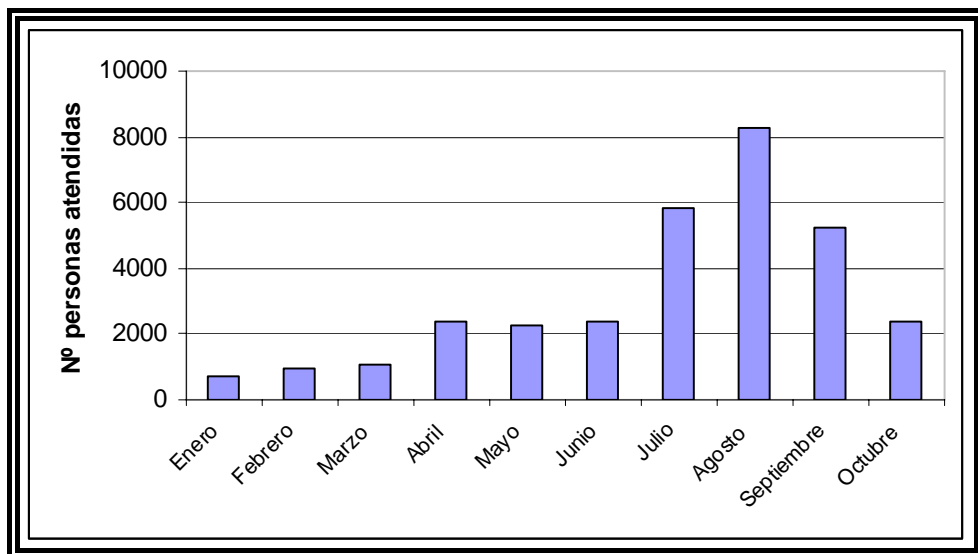


Figura 2. Nº personas atendidas mensualmente

Es evidente el aumento de los servicios prestados por la Oficina de Turismo en el período de verano, siendo en el mes de Agosto doce veces mayor que en el de Enero.

La evolución ascendente de la población censada, el incremento poblacional temporal y la progresiva expansión turística en la zona que se viene produciendo desde los últimos años demuestran el aumento demográfico sufrido en Conil de la Frontera.

Según resultados de este estudio el número de habitantes en el mes de Agosto triplica al existente en la temporada invernal, por lo que, a efectos de cálculo se considerará tres veces superior la población en verano que la obtenida para el año horizonte con (1).

Base de calculo poblacional = 3 x población de derecho año horizonte

Base de calculo poblacional = 3 x 26742 hab. = 80226 habitantes

Se tomarán 81000 habitantes como población de diseño para el redimensionamiento de las unidades de tratamiento.

## **1.2. Caudales de diseño**

Se fija una dotación de agua residual de 250 L/hab./día<sup>[1]</sup> que multiplicado por la población de diseño dará el caudal medio de agua residual que recibe la EDAR.

Llegados a este punto, se debe considerar la temporalidad en el cálculo anterior, ya que hay gran diferencia entre la población en invierno y en verano.

### **1.2.1. Invierno**

Para esta estación se tienen 26742 habitantes para el año horizonte, el dato de población de diseño, a efectos de cálculos, se fija en 27000 habitantes.

El caudal medio de llegada de agua residual viene dado por:

$$Q_{med} = N^{\circ} \text{ habitantes} \times \text{Dotación}$$

$$Q_{\text{med}} = 27000 \text{hab} \times 250 \frac{\text{L}}{\text{hab} \times \text{día}} \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{L}}$$

$$Q_{\text{med}} = 6750 \text{ m}^3/\text{día}$$

A partir de este caudal se calcularán los restantes caudales de diseño.

El caudal punta se halla a partir del cálculo de un factor punta (Fp) dependiente de la población en miles de habitantes (P):

$$Fp = \frac{5}{P^{\frac{1}{6}}}$$

$$Fp = \frac{5}{27^{\frac{1}{6}}} = 2,88$$

$$Q_{\text{punta}} = Fp \times Q_{\text{med}} = 2,88 \times 6750 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 19485,6 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

El caudal mínimo que llega a la EDAR resulta a partir de un factor mínimo (Fmin) inverso al factor punta:

$$F_{\text{min}} = \frac{1}{Fp} = \frac{1}{2,88} = 0,346$$

$$Q_{\text{min}} = F_{\text{min}} \times Q_{\text{med}} = 0,346 \times 6750 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 2338,27 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

El caudal máximo responde a la siguiente expresión:

$$Q_{\text{max}} = Q_{\text{med}} \times \left[ 1.15 + \frac{2.575}{Q_{\text{med}}^{\frac{1}{4}}} \right] = 6750 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times \left[ 1.15 + \frac{2.575}{6750 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}^{\frac{1}{4}}} \right]$$

$$Q_{\text{max}} = 12005,8 \text{ m}^3/\text{día}$$

### 1.2.2. Verano

Como base de cálculo para la época estival se toma el dato de 81.000 habitantes con una dotación de 250 L/hab./día<sup>[1]</sup>. Siguiendo el mismo procedimiento para el cálculo de caudales que en el apartado anterior se obtienen los resultados resumidos a continuación:

**Tabla 2. Caudales de diseño**

	Invierno	Verano
Población (Nº hab.)	27000	81000
Dotación (L/hab./día)	250	250
$Q_{med}$ (m <sup>3</sup> /h)	281,25	843,75
$Q_{min}$ (m <sup>3</sup> /h)	97,43	351
$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /h)	500,28	1373,42
$Q_{punta}$ (m <sup>3</sup> /h)	811,9	2028,12

### **1.3. Carga contaminante del agua residual**

Dependiendo del tipo de agua residual que llega a la EDAR la carga contaminante será distinta. Se vienen realizando análisis de control de la carga contaminante del agua residual que llega a la EDAR de Conil de la Fra. de los que se obtienen los parámetros medios siguientes:

**Tabla 3. Carga contaminante**

DQO(mg/L)	910
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	405,5
SS (mg/L)	215,5
Nitrógeno total (mg/L)	48
Fósforo total (mg/L)	11
pH	7.4

Debido a sus características de contaminación el agua residual urbana que llega a la EDAR se puede considerar de contaminación media-fuerte <sup>[1]</sup>.

## 2. AMPLIACIÓN DE LAS UNIDADES DE DEPURACIÓN

### 2.1. Canal de entrada

Se diseña un único canal de entrada que deberá tener una capacidad de transporte igual al máximo caudal que pueda llegar a la EDAR, esto es, igual al caudal punta en la época estival.

El canal de entrada deberá cumplir unas condiciones de diseño previamente establecidas:

- Sección: rectangular
- Ancho de canal: 0,3-0,7 m
- Pendiente canal: 0,5%
- Velocidad paso: >0,4 m/s
- Caudal punta: 2028,12 m<sup>3</sup>/h

La elección de una velocidad de paso del agua residual por el canal de entrada superior a 0,4 m/s evitará deposiciones de las partículas más densas en el fondo.

Para el dimensionamiento se emplea el método basado en la circulación de fluidos en canales abiertos, para ello se utiliza la fórmula de Manning:

$$v = \frac{1}{n} \times Rh^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

v = velocidad de paso

1/n = coeficiente de rugosidad de Manning. Valor adoptado de n = 0,014 para el hormigón sin alisar<sup>[2]</sup>.

Rh = radio hidráulico

i = pendiente del canal

Se suponen distintas anchuras de canal entre 0,3 y 0,7 m, dando, para cada una, unas alturas de canal. Sucesivamente se realizan cálculos para la obtención de la velocidad

de paso mediante Manning y el Caudal. La elección adoptada será aquella que cumpla y más se aproxime a las condiciones de diseño preestablecidas. Se muestra una tabla resumen con los cálculos del ANEXO 2 que más se ajustan:

**Tabla 4. Resumen dimensionamiento canal entrada**

Ancho(m)	Altura(m)	Superficie(m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado(m)	Rh <sup>2/3</sup> (m)	v(m/s)	Q(m <sup>3</sup> /h)
0,3	1,41	0,4230	3,1200	0,2639	1,3330	2029,8176
0,4	0,93	0,3720	2,2600	0,3003	1,5170	2031,5401
0,5	0,69	0,3465	1,8860	0,3232	1,6323	2036,1217
0,6	0,56	0,3330	1,7100	0,3360	1,6969	2034,2412
0,7	0,47	0,3269	1,6340	0,3421	1,7277	2033,2134

Los resultados de la tabla superior son aquellos en los que el caudal de transporte del canal de entrada más se aproxima al caudal punta en la época estival, cumpliendo todas las condiciones de diseño, se toma como dimensiones del canal:

**Tabla 5. Dimensiones canal entrada**

Ancho(m)	Altura(m)	Superficie(m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado(m)	Rh <sup>2/3</sup> (m)	v(m/s)	Q(m <sup>3</sup> /h)
0,4	1	0,4	2,4	0,3028	1,529	2202,68

## 2.2. Pretratamiento

### 2.2.1. Desbaste

Se dispondrán 3 canales de desbaste con rejas de medios, entre las que se podrá repartir el caudal punta. El desbaste incluirá un canal adicional con una reja de limpieza manual, que será utilizada en casos de mantenimiento y limpieza de la reja automática. Se tiene que cada canal de desbaste recibirá 1/3 del caudal punta total que llega a la planta, es decir:

$$\frac{Q_{\text{punta}}}{3} = \frac{2028,12 \text{ m}^3/\text{h}}{3} = 676,06 \text{ m}^3/\text{h}$$



El parámetro fundamental de control en la comprobación es la velocidad de paso del agua entre los barrotes, se recomiendan las siguientes velocidades de paso<sup>[2]</sup>:

Vpaso (Qmed) > 0,6m/s

Vpaso (Qmax) < 1,0 m/s (con limpieza a favor de corriente)

Vpaso (Qmax) < 1,2 m/s (con limpieza a contracorriente)

Se establecen para cada una de las líneas las características del canal:

- Pendiente del canal: 0,5%
- Sección: rectangular
- Ancho del canal: 0,4 m
- Separación libre entre barrotes: s = 30 mm
- Ancho de los barrotes: a = s/2 = 15 mm

Las características hidráulicas del canal para estas condiciones son:

**Tabla 6. Características hidráulicas**

Ancho(m)	Altura(m)	Superficie(m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado(m)	Rh <sup>2/3</sup> (m)	v(m/s)	Q(m <sup>3</sup> /h)
0,4	0,364	0,1456	1,1280	0,2554	1,1900	676,16

Se observa que el caudal que pasará por cada canal es similar al caudal punta establecido.

El ancho del canal de desbaste en la zona de rejillas viene dado por la expresión:

$$W = \frac{Q_{\text{punta}}}{v \times D} \times \left( \frac{a + s}{s} \right) + C_{\text{rej}}$$

Siendo:

W = ancho del canal de rejillas

Q<sub>punta</sub> = Caudal máximo que pasa

V = velocidad de paso del agua en rejillas

D = nivel aguas arriba de la rejilla a caudal máximo = Altura

a = ancho de barrotes

s = separación libre entre barrotes

C<sub>rej</sub> = Coeficiente de seguridad, adoptándose un valor de 0,2 para rejas de medios según bibliografía [2].

Sustituyendo en la expresión anterior:

$$W = \frac{676,16 / 3600 \text{m}^3 / \text{s}}{1,19 \text{m} / \text{s} \times 0,364 \text{m}} \times \left( \frac{0,015 \text{m} + 0,030 \text{m}}{0,030 \text{m}} \right) + 0,2 = 0,799 \text{m}$$

Se elige un ancho de canal de desbaste de 0,80 m en la zona de rejas.

La pérdida de carga puede establecerse según la fórmula:

$$\Delta h = k_1 \times k_2 \times k_3 \times \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

$\Delta h$  = pérdida de carga (m)

v = velocidad de paso en el canal

g = aceleración de la gravedad

k<sub>1</sub> = coeficiente de atascamiento

k<sub>2</sub> = coeficiente de la forma de la sección horizontal de los barrotes

k<sub>3</sub> = coeficiente de la sección de paso entre barrotes

Valor de k<sub>1</sub>:

$$k_1 = \left( \frac{100}{C} \right)^2$$

Siendo C el porcentaje de sección que subsiste al atascamiento máximo tolerado.

Dicho porcentaje será del 70%, ya que el porcentaje de atascamiento máximo tolerado típico es del 30%.

$$k_1 = \left(\frac{100}{70}\right)^2 = 2,041$$

Valor de  $K_2$ :

En este caso la sección horizontal de los barrotes son pletinas rectangulares con ángulos redondeados, de forma que se obtiene  $k_2 = 0,76$ .

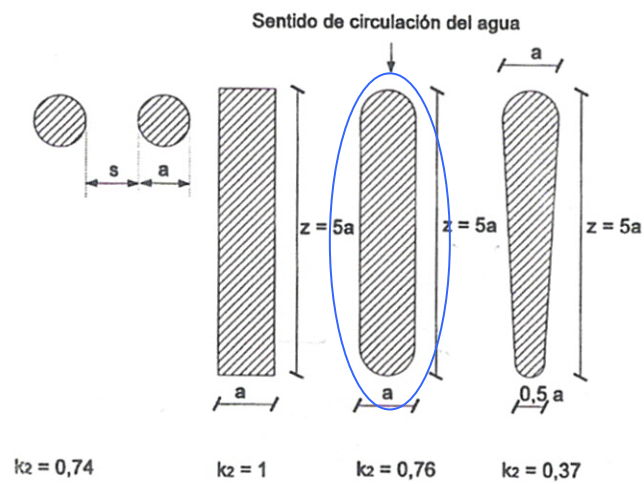


Fig. II.3.1. Coeficiente  $K_2$

- Valores de  $K_3$  (sección de paso entre barrotes).

$s$  = separación libre entre barrotes

$a$  = anchura de barrotes

$z$  = espesor de los barrotes

$h$  = altura sumergida de los barrotes, vertical u oblicua

Figura 3. Valores de  $K_2$

Valor de  $k_3$ :

El valor de este coeficiente depende de dos variables, tales como:

$$\frac{z}{4} = \left(\frac{2}{s} + \frac{1}{h}\right) \quad (\text{Var. 1}) \qquad \left(\frac{s}{s+a}\right) \quad (\text{Var.2})$$

Donde:

$$s = 0,03 \text{ m}$$

$$a = 0,015 \text{ m}$$

$$z = 5 \times a = 0,075 \text{ m (espesor de los barrotes)}$$

$$h = D = 0,364 \text{ m (altura sumergida de los barrotes)}$$

Sustituyendo en las variables se obtiene:

$$\frac{z}{4} = \left( \frac{2}{s} + \frac{1}{h} \right) = 1,30$$

$$\left( \frac{s}{s+a} \right) = 0,67$$

Interpolando en la siguiente tabla se obtiene un valor de  $K_3 = 0,76$

**Tabla 7. Valores de  $K_3$**

	$\left( \frac{s}{s+a} \right)$									
$\frac{z}{4} \left( \frac{2}{s} + \frac{1}{h} \right)$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	245	51,5	18,2	8,25	4,0	2,0	0,97	0,42	0,13	0
0,2	230	48	17,4	7,70	3,75	1,87	0,91	0,40	0,13	0,01
0,4	221	46	16,6	7,40	3,60	1,80	0,88	0,39	0,13	0,01
0,6	199	42	15	6,60	3,20	1,60	0,80	0,36	0,13	0,01
0,8	164	34	12,2	5,50	2,70	1,34	0,66	0,31	0,12	0,02
1	149	31	11,1	5,00	2,40	1,20	0,61	0,29	0,11	0,02
1,4	137	28,4	10,3	4,60	2,25	1,15	0,58	0,28	0,11	0,03
2	134	27,4	9,90	4,40	2,20	1,13	0,58	0,28	0,12	0,04
3	132	27,5	10,0	4,50	2,24	1,17	0,61	0,31	0,15	0,05

Con estos valores se obtiene una pérdida de carga de:

$$\Delta h = 2,041 \times 0,76 \times 0,76 \times \frac{1,19^2 \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$\Delta h = 0,085 \text{ m}$$

Para el cálculo del volumen retenido en rejillas se pueden adoptar unas cifras basadas en la experiencia, que nos indica que para una separación entre barras de  $s = 30 \text{ mm}$  se retienen de 5 a 10 L/hab.año<sup>[2]</sup>. Suponiendo un valor intermedio de 7,5 L/hab.año tenemos que para los 81000 habitantes de diseño se retienen:

$$7,5 \frac{\text{L}}{\text{hab} \times \text{año}} \times 81000 \text{ hab} = 607500 \frac{\text{L}}{\text{año}} = 607,5 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

Si un contenedor de los utilizados habitualmente para la retirada de este tipo de residuos tiene  $6 \text{ m}^3$ , será conveniente la retirada del contenedor cada:

$$\frac{6 \text{ m}^3}{607,5 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}} \times \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 3,60 \text{ días}$$

### 2.2.2. Desarenador-Desengrasador

Debido al elevado caudal de diseño para verano  $Q_{\text{punta}} = 2028,12 \text{ m}^3/\text{h}$  se disponen 2 líneas en las que se repartirá el caudal.

Se parte de unos datos base:

- Caudal entrada desarenador:  $Q_{\text{punta}}/2 = 1014,06 \text{ m}^3/\text{h}$
- Diámetro de arena a eliminar:  $0,15 \text{ mm}$
- Temperatura agua:  $15^\circ\text{C}$
- Densidad partículas arena:  $2,65 \text{ kg}/\text{m}^3$

#### • Cálculo de $V_h$ y $V_s$ :

$V_h$  se define como la velocidad horizontal crítica de arrastre de la partícula depositada.

$V_s$  se define como la velocidad de sedimentación de una partícula en un fluido de velocidad horizontal nula, es decir, la velocidad de caída en aguas de reposo. El proyecto de

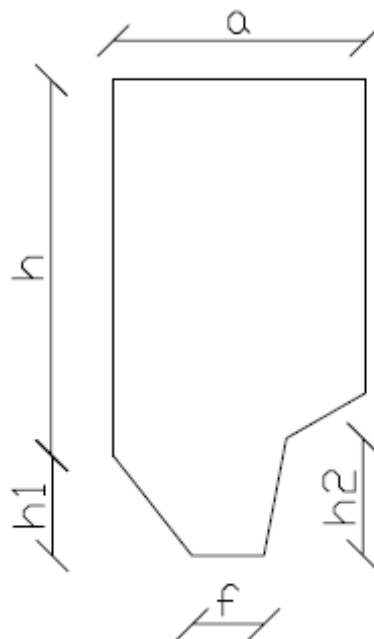
estos tanques se debe basar en la consideración de una velocidad final de partícula ( $V_s$ ) e intentar que queden eliminadas todas aquellas partículas cuya velocidad final sea igual o superior a  $V_s$ . Se halla a partir de datos tabulados:

**Tabla 8. Velocidades  $V_h$  y  $V_s$**

VELOCIDADES		
	Recomendada para diam>0,15mm	Adoptada
$V_h$ (m/s)	< 0,27	0,05
$V_s$ (m/s)	0,007 - 0,023	0,018

**Sección Transversal**

Se adopta una sección transversal tipo según la figura, tomando ciertas precauciones por motivos de explotación, condiciones de pared y formación de líneas de corriente.



Las condiciones geométricas de la sección son las siguientes [2]:

- $a/h \in (1-5)$
- $L/a \in (3-5)$
- $0,3 < h_1 < 0,8 \text{ m}$
- $0,3 < f < 0,5 \text{ m}$
- $h_2 = 0,75 \times h_1$

La Sección transversal útil vendrá determinada por el caudal punta. Al disponer dos desarenadores el caudal de diseño será la mitad del caudal punta.

La Sección Transversal útil viene dada por:

$$Q_{\text{punta}} = A \times Vh$$
$$A = 0,282 \text{ (m}^3/\text{s)} / 0,05 \text{ (m/s)} = 5,64 \text{ m}^2$$

Así, se adopta la siguiente sección cumpliendo las condiciones geométricas antes vistas:

- $h \text{ (m)} = 2$

$$A = h \times a$$
$$a = 5,64 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} = 2,82 \text{ m}$$

- $a \text{ (m)} = 2,82$

### **Longitud desarenador–desengrasador**

Para el cálculo de la longitud del desarenador - desengrasador se darán los siguientes pasos:

- Cálculo del tiempo de sedimentación en reposo. Vendrá dado por el cociente entre la altura útil del desarenador y la velocidad de caída de la partícula en reposo.

- Cálculo de la relación entre el tiempo de sedimentación en reposo y el tiempo preciso para atravesar el tanque del desarenador. Esta relación se obtiene a partir de las curvas de Hazen. Así, estableciendo el % de sedimentación y el tipo de rendimiento, se introducen en estas curvas y se obtiene dicha relación.

- Una vez obtenida esta relación, cálculo del tiempo preciso para atravesar el tanque del desarenador. La longitud del desarenador vendrá dada al multiplicar dicho tiempo por la velocidad horizontal crítica.

Tiempo de sedimentación en reposo

$$t_0 = \frac{h}{V_s} = \frac{2m}{0,018m/s} = 111,11s$$

% sedimentación: 80 %

Rendimiento bueno: n=3

t / t<sub>0</sub> = 2,1 (obtenido a partir de las curvas de Hazen)

Por lo que el tiempo total será:

$$t = t_0 \times 2,1 = 233,33 \text{ s}$$

Longitud teórica del desarenador

$$L = 233,33 \text{ s} \times 0,05 \text{ m/s} = 11,66 \text{ m}$$

Se adoptará por tanto, una longitud para el desarenador de 12 metros.

A continuación se recogen los resultados:

**Tabla 9. Dimensiones desarenador-desengrasador**

Anchura(m)	Longitud(m)	Profundidad(m)	Volumen(m <sup>3</sup> )	THR(min)
2,9	12	2	69,6	3,53



### Comprobaciones

Finalmente, se comprueba que tanto el tiempo de retención como la velocidad ascensional del desarenador-desengrasador diseñado, están dentro de los márgenes recomendados.

- Recomendado:

THR € (2-5)

- Resultante:

THR = 3,53 min

Como se observa las dimensiones seleccionadas cumplen las relaciones dimensionales impuestas en el cálculo.

- **Necesidades de oxigenación**

Superficie transversal desarenador-desengrasador:

$$S = a \times h = 2,9 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 5,8 \text{ m}^2$$

Según la tabla 10 se puede obtener el caudal de aire necesario por metro de longitud del desarenador:

**Tabla 10. Caudal de aire en un desarenador-desengrasador**

S(m <sup>2</sup> )	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C <sub>aire</sub> (m <sup>3</sup> /h/m)	4,5- 10,5	6- 11,5	7,5- 13	9- 14	10- 15	12- 17	13- 18	15- 19	16- 20	18- 21	19- 22	21- 23	22- 25

Se toma un valor de 10 m<sup>3</sup>/h por metro de longitud de desarenador, necesitando un caudal total de oxigenación de:

$$C_{\text{aire}} = 10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m} \times L = 10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m} \times 12 \text{ m} = 120 \text{ m}^3/\text{h} \text{ de aire}$$

Teniendo en cuenta que se han diseñado dos líneas:

$$C_{\text{aire total}} = 120 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 = 240 \text{ m}^3/\text{h} \text{ total de aire}$$

- **Cantidad de arenas y grasas retiradas**

Según la bibliografía <sup>[2]</sup> el 5% de los sólidos en suspensión (SS) de un agua residual son arenas, de forma que se puede calcular la carga de arena que llega al desarenador:

$$\begin{aligned} \text{SS} &= 215,5 \text{ mg/L} \\ 215,5 \text{ mg/L} \times 0,05 &= 10,775 \text{ mg/L arena} \end{aligned}$$

El producto del dato anterior por el caudal medio nos dará la carga de arena que llega al desarenador:

$$\begin{aligned} \text{Carga arena} &= 10,775 \text{ mg/L} \times Q_{\text{med}} \\ \text{Carga arena} &= 10,775 \text{ mg/L} \times 20250 \text{ m}^3/\text{día} \times 1000 \text{ L}/\text{m}^3 \times 1 \text{ kg}/10^6 \text{ mg} = 218,19 \text{ kg/día} \end{aligned}$$

Considerando una eficacia del desarenador del 90% se tiene:

$$218,19 \text{ kg/día} \times 0,9 = 196,37 \text{ kg/día de arena retirada}$$

Para las grasas se tiene que el 28% de los SS son grasas <sup>[2]</sup>, el cálculo de la grasa retirada se realiza de igual forma que para las arenas:

$$215,5 \text{ mg/L} \times 0,28 = 60,34 \text{ mg/L de grasas}$$

La carga de grasas que llega al desengrasador será:

$$\text{Carga grasas} = 60,34 \text{ mg/L} \times 20250 \text{ m}^3/\text{día} \times 103 \text{ L}/\text{m}^3 \times 1 \text{ kg}/10^6 \text{ mg} = 1221,885 \text{ kg/día de grasas}$$

Suponiendo según bibliografía<sup>[2]</sup> una eficacia del 30% para el desengrasador se retiran:

$$1221,885 \text{ kg/día} \times 0,30 = 366,56 \text{ kg/día de grasas retiradas}$$

• **Balance desarenador-desengrasador**

Esta unidad supone una reducción para la carga contaminante del agua residual, de forma que realizando un balance a la unidad se puede obtener la carga contaminante a la salida.

Se prevé una reducción del 2,5% para la DBO<sub>5</sub> de entrada:

$$DBO_5 \text{ entrada} = 405,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 20250 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{1\text{kg}}{10^6\text{mg}} \times \frac{1000\text{L}}{1\text{m}^3} \times \frac{1\text{día}}{24\text{h}} = 342,14 \text{ kg/h}$$

$$DBO_5 \text{ salida} = DBO_5 \text{ entrada} - \% \text{ Reducción} = 342,14 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - 342,14 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{2,5}{100} = 333,59 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Realizando la misma operación con SS y DQO se obtiene la siguiente tabla de balance:

**Tabla 11. Balance Desarenador-Desengrasador**

	Entrada	%Reducción	Salida
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	405,5	2,5	395,36
SS (mg/L)	215,5	5	204,72
DQO (mg/L)	910	2,5	887,25
DBO <sub>5</sub> (kg/h)	342,14	2,5	333,59
SS (kg/h)	181,83	5	172,74
DQO (kg/h)	767,81	2,5	748,62

### 2.3. Decantación primaria

Se opta en este caso por el diseño de 2 líneas de decantación primaria que se repartirán el total del caudal influente, eligiendo decantadores circulares para dicho diseño.

Se parte de unos datos de diseño preestablecidos:

- Caudal punta: 2028,12 m<sup>3</sup>/h
- Caudal medio: 843,75 m<sup>3</sup>/h
- N° unidades: 2 un.
- Caudal punta/unidad: 1014,06 m<sup>3</sup>/h
- Caudal medio/unidad: 421,875 m<sup>3</sup>/h
- Rendimientos: 55% eliminación SS  
35% eliminación DBO<sub>5</sub>

- **Cálculo de la superficie horizontal (S<sub>H</sub>)**

La superficie horizontal necesaria para caudal punta se calcula a partir de:

$$S_H = \frac{Q_{punta}}{V_{asc}(Q_{punta})}$$

Donde:

S<sub>H</sub> = Superficie horizontal de decantación (m<sup>2</sup>)

Vasc = Velocidad ascensional (m/h)

Los valores de velocidad ascensional vienen tabulados. Se selecciona el valor típico para decantadores circulares de 2,5 m/h.

**Tabla 11. Velocidades ascensionales a caudal punta**

Decantación primaria	Velocidad a caudal punta		
	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Decantadores circulares	2,00 m/h	2,50 m/h	3,00 m/h
Decantadores rectangulares	1,80 m/h	2,20 m/h	2,60 m/h

$$S_H(Q_{\text{punta}}) = \frac{1014,06 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{2,5 \frac{\text{m}}{\text{h}}} = 405,63\text{m}^2$$

Se comprueba ahora el valor de velocidad ascensional para el caudal medio con la superficie horizontal calculada:

$$V_{\text{asc}}(Q_{\text{medio}}) = \frac{Q_{\text{medio}}}{S_H} = \frac{421,875 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{405,63\text{m}^2} = 1,04 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

Como se puede observar en la tabla 13, el valor de Vasc para caudal medio se encuentra dentro del rango para decantadores circulares por lo que se considera válida la superficie horizontal calculada de  $S_H = 405,63 \text{ m}^2$ .

**Tabla 13. Velocidades ascensionales a caudal medio**

Decantación primaria	Velocidad a caudal medio		
	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Decantadores circulares	1,00 m/h	1,50 m/h	2,00 m/h
Decantadores rectangulares	0,80 m/h	1,30 m/h	1,80 m/h

- **Cálculo del volumen (V)**

El volumen para el decantador viene expresado por:

$$V = \text{THR} \times Q$$

Donde:

THR = tiempo hidráulico de residencia o tiempo de retención.

Q = Caudal

Se calcula el volumen del decantador para el caudal punta, utilizando un THR según tabla 14 de 1,5 h:

$$V (Q_{\text{punta}}) = 1,5 \text{ h} \times 1014,06 \text{ m}^3/\text{h} = 1521,127 \text{ m}^3$$

**Tabla 14. Tiempos de retención**

Decantación primaria	Tiempo de retención		
	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Caudal medio	1,5 h	2,00 h	3,00 h
Caudal punta	1,00 h	1,50 h	2,00 h

Se comprueba el THR para el caudal medio, utilizando el valor del volumen calculado:

$$\text{THR}(Q_{\text{medio}}) = \frac{1521,127 \text{ m}^3}{421,875 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 3,6 \text{ h.}$$

Se observa en la tabla 14 como el valor de THR ( $Q_{\text{medio}}$ ) calculado se encuentra fuera de rango, por lo que se deberá calcular un nuevo volumen, disminuyendo el valor de THR ( $Q_{\text{punta}}$ ) utilizado al principio. Se disminuye a THR ( $Q_{\text{punta}}$ ) = 1 h.

$$V (Q_{\text{punta}}) = 1 \text{ h.} \times 1014,06 \text{ m}^3/\text{h} = 1014,06 \text{ m}^3$$

Se comprueba de nuevo THR ( $Q_{\text{medio}}$ ):

$$\text{THR}(Q_{\text{medio}}) = \frac{1014,06 \text{ m}^3}{421,875 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 2,4 \text{ h.}$$

Esta vez THR ( $Q_{\text{medio}}$ ) se encuentra dentro de rango, por lo que se considera válido el volumen de  $V = 1014,06 \text{ m}^3$ .

- **Cálculo de la altura (h)**

El valor de altura del decantador se expresa por:

$$h = \frac{V}{S_H} = \frac{1014,06\text{m}^3}{405,63\text{m}^2} = 2,5\text{m}$$

Según la bibliografía<sup>[1]</sup> se recomienda un valor de altura menor a 3 metros para decantadores circulares, algo que se cumple en este caso, por lo que se toma como válida la altura de  $h = 2,5$  m.

- **Relaciones dimensionales**

Radio decantador (r):

$$S_H = \pi \times r^2$$
$$r = \sqrt{\frac{S_H}{\pi}} = \sqrt{\frac{405,63\text{m}^2}{\pi}} = 11,36\text{m}$$

Altura zona de reparto (h'):

Se establece como valor típico una pendiente de solera ( $\varphi$ ) del 3%, por lo que la altura de la zona de reparto será el 3% del radio del decantador:

$$h' = 0,03 \times r = 0,03 \times 11,36 \text{ m} = 0,34 \text{ m}$$

Altura total del decantador (hr):

$$hr = h + h' = 2,5 + 0,34 \text{ m} = 2,84 \text{ m.}$$

Zona de entrada:

Para el cálculo de la altura sumergida de la chapa deflectora ( $h_1$ ) y del diámetro de dicha chapa ( $\Phi_1$ ) se adoptan unos valores típicos de:

$$h_1/hr = 0,4$$

$$\Phi_1/\Phi = 0,1$$

$$h_1 = 0,4 \times hr = 0,4 \times 2,84 = 1,136 \text{ m}$$

$$\Phi_1 = 0,1 \times \Phi = 0,1 \times 2 \times r = 0,1 \times 2 \times 11,36 \text{ m} = 2,272 \text{ m}$$

- **Longitud del vertedero de salida (L)**

$$L = 2 \times \pi \times r = 2 \times \pi \times 11,36 \text{ m} = 71,38 \text{ m}$$

Se comprueba si el valor de longitud del vertedero está dentro del rango para decantadores circulares, para ello se calcula la carga sobre el vertedero de salida ( $V_{\text{vert}}$ ) y se comprueba si está dentro del rango reflejado en la bibliografía:

$$V_{\text{vert}} = \frac{Q}{L}$$

Donde:

$V_{\text{vert}}$  = carga sobre vertedero ( $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$  vertedero)

Q = caudal a tratar ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$$V_{\text{vert}}(Q_{\text{medio}}) = \frac{421,875 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{71,38\text{m}} = 5,91 \frac{\text{m}^3}{\text{h}\cdot\text{m}}$$

$$V_{\text{vert}}(Q_{\text{punta}}) = \frac{1014,085 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{71,38\text{m}} = 14,20 \frac{\text{m}^3}{\text{h}\cdot\text{m}}$$

Según bibliografía<sup>[2]</sup> el valor máximo de carga sobre vertedero para decantadores circulares es  $18 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{h}$  y el mínimo  $5 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$ , estando los valores calculados dentro de este rango, por lo que se considera válido el valor de longitud de vertedero de  $L = 71,38 \text{ m}$ .



- **Producción de fangos**

Se ha fijado un porcentaje de eliminación del 55% de los SS que entran en el decantador. La carga de SS a la salida del desarenador, o lo que es lo mismo, a la entrada del decantador, es de 172,74 kg/h. Así la producción de fangos será de:

$$\begin{aligned} \text{Producción de fangos} &= 0,55 \times 172,74 \text{ kg/h} = 95,007 \text{ kg/h} = 2280,168 \text{ kg/día} \\ F \text{ (SST)} &= 2280,168 \text{ kg/día} \end{aligned}$$

De estos se supone que la fracción de volátiles es del 65%:

$$F \text{ (SSV)} = 0,65 \times F \text{ (SST)} = 1482,11 \text{ kg/d}$$

Al diseñarse 2 líneas, se producirán en cada una de ellas unos 1140,084 kg/d de fango.

- **Volumen de la poceta de fangos ( $V_{poc}$ )**

El volumen necesario de las pocetas viene dado por la expresión:

$$V_{poc} = THR_{poc} \times Q_{fangos}$$

Donde:

$THR_{poc}$  = Tiempo de retención del fango en pocetas (h)

$Q_{fangos}$  = caudal medio de fangos producidos ( $m^3/h$ )

$$Q_{fangos} = \frac{CARGA_{fangos}}{[SS]_{fangos}}$$

Se considera que la concentración de los SS en el fango es del 5%, es decir, unos 50 kg de fango por  $m^3$ .

$$Q_{fangos} = \frac{47,5 \text{ kg/h}}{50 \text{ kg/m}^3} = 0,95 \frac{m^3}{h}$$

El volumen de la poceta del decantador resulta, adoptando un valor de  $THR_{poc}$  típico<sup>[2]</sup> de 6 h:

$$V_{poc} = 6 \text{ h} \times 0,95 \text{ m}^3/\text{h} = 5,7 \text{ m}^3$$

- **Velocidad de las rasquetas**

El valor típico de velocidad de las barrederas de fondo se considera de 0,6 m/min.

- **Balance decantador primario**

Se realiza un balance de materia al decantador primario:

$$DBO_5 \text{ salida} = DBO_5 \text{ entrada} - \% \text{ Reducción} = 333,59 \frac{\text{kg}}{\text{h}} - 333,59 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{35}{100} = 216,83 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

**Tabla 15. Balance decantador primario**

	Entrada	%Reducción	Salida
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	395,36	35	256,98
SS (mg/l)	204,725	55	92,13
DQO (mg/l)	887,25	--	--
DBO <sub>5</sub> (kg/h)	333,59	35	216,83
SS (kg/h)	172,74	55	77,733
DQO (kg/h)	748,62	--	--

## 2.4. Tratamiento biológico

### 2.4.1. Fangos activos

Dentro de los múltiples procesos biológicos de tratamiento se realiza el diseño de un proceso similar al instalado actualmente en la EDAR de Conil de la Fra., el proceso de fangos activos.

#### 2.4.1.1. Reactor biológico

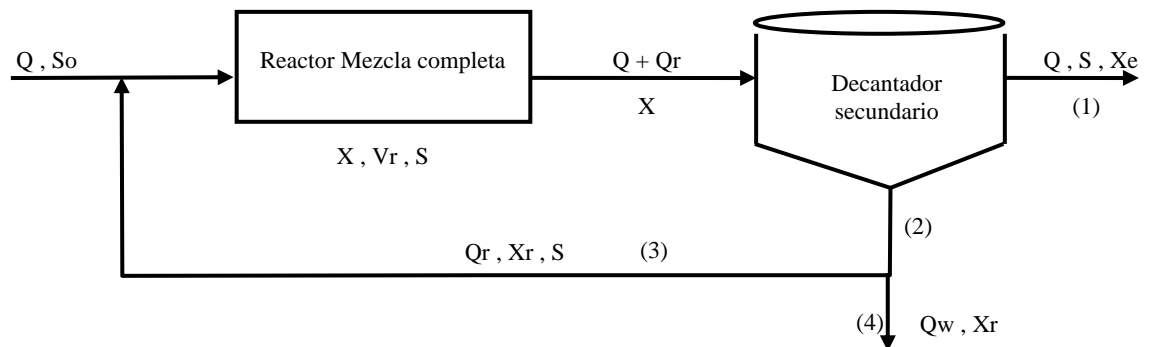


Figura 1. Esquema del proceso biológico

Siendo:

$Q$  = caudal de operación que entra al proceso ( $m^3/d$ )

$S_0$  = concentración de sustrato ( $DBO_5$ ) en la entrada al proceso ( $mg/L$ )

$S$  = concentración de sustrato ( $DBO_5$ ) en el efluente ( $mg/L$ )

$X$  = concentración de microorganismos o cantidad de sólidos en suspensión en el líquido mezcla (MLSS) ( $mg/L$ )

$Q_r$  = Caudal de recirculación de fangos ( $m^3/d$ )

$Q_w$  = Caudal de purga de fangos en exceso ( $m^3/d$ )

$X_r$  = concentración de microorganismos o cantidad de SS en la purga ( $mg/L$ )

$X_e$  = concentración de microorganismos o cantidad de SS en el efluente ( $mg/L$ )

$V_r$  = volumen del reactor mezcla completa ( $m^3$ )

A la salida del reactor biológico la mezcla de agua y fangos pasa a la decantación secundaria. El agua decantada constituye ya el efluente depurado (1). Los fangos sedimentados se extraen del decantador (2), una parte se recircula al reactor biológico

(caudal de recirculación) (3) y el resto es retirado del sistema para su estabilización (fangos en exceso) (4).

#### **2.4.1.1.1. Balance de Masas**

Se realiza un balance de masas para microorganismos en el proceso de fangos activos, el planteamiento será:

Acumulación microorganismos = cantidad entrada – cantidad de salida + crecimiento neto

Expresándolo según la nomenclatura utilizada en la figura 1:

$$\frac{dX}{dt} \cdot Vr = Q \cdot Xo - (Qw \cdot Xr + Qe \cdot Xe) + Vr \cdot r'_g$$

Siendo  $r'_g$  la tasa de crecimiento neta (masa/vol.t), que puede expresarse mediante la ecuación:

$$r'_g = Y \cdot \frac{\mu_{max} \cdot S \cdot X}{K_s + S} - K_d \cdot X$$

Donde:

$\mu_{max}$  = valor máximo de la tasa de eliminación del sustrato (tiempo<sup>-1</sup>)

$K_d$  = coeficiente de descomposición endógena (tiempo<sup>-1</sup>)

$K_s$  = constante de remoción media, es decir, concentración de sustrato que produce una tasa de eliminación mitad de la máxima

$Y$  = coeficiente de producción de microorganismos (masa de células formadas/masa sustrato consumido)

Esta tasa de crecimiento neta ( $r'_g$ ) también se puede expresar como:

$$r'_g = -Y \cdot \frac{dS}{dt} - K_d \cdot X$$

Suponiendo:

1) La concentración de microorganismos que entran es despreciable:  $X_0 = 0$

2) Estado estacionario:  $\frac{dX}{dt} = 0$

$$Q_w \cdot X_r + Q_e \cdot X_e = V_r \cdot r'_g$$

Sustituyendo la tasa de crecimiento neta ( $r'_g$ ):

$$\frac{Q_w \cdot X_r + Q_e \cdot X_e}{V_r \cdot X} = -\frac{Y}{X} \cdot \frac{dS}{dt} - K_d$$

$$\frac{1}{\theta_c} = -\frac{Y}{X} \cdot \frac{dS}{dt} - K_d$$

Siendo:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{(S_o - S)}{V_r} \cdot Q$$

Donde:

$S_o - S$  = cantidad de sustrato consumida (mg/L)

$\theta_c$  = edad del fango (d)

#### 2.4.1.1.2. Parámetros de diseño y condiciones de funcionamiento

Para el dimensionamiento de la unidad de fangos activos se parten de unos datos iniciales y de unos rangos paramétricos para el reactor de mezcla completa y la posterior decantación que vienen reflejados en las siguientes tablas:

**Tabla 12. Parámetros normales de diseño**

Variante del proceso	$\theta_c$	Tiempo de Retención ( $t_R$ )	Carga másica (Cm)	Carga volúmica (Cv)	MLSS = X
	días	horas	$\frac{\text{kgDBO}_5 / \text{d}}{\text{kgMLSSV}}$	$\frac{\text{kgDBO}_5 / \text{d}}{\text{m}^3}$	mg/L
Mezcla completa	4-10	4-8	0,2-0,6	0,4-0,9	2.500-4.000

Tabla 13. Caudales y carga de diseño

$Q_{med}$	(m <sup>3</sup> /h)	843,75
$Q_{max}$	(m <sup>3</sup> /h)	2028,12
$Q_{punta}$	(m <sup>3</sup> /h)	1373,42
DBO <sub>5</sub>	(kg/h)	216,83
SS	(kg/h)	77,733
DBO <sub>5</sub>	(mg/L)	256,98
SS	(mg/L)	92,13

Se fijan las siguientes condiciones de funcionamiento:

- Coeficiente de crecimiento ( $Y$ ) = 0,65 mg SVS/mg DBO<sub>5</sub>
- Coeficiente de mortandad ( $K_d$ ) = 0,06 d<sup>-1</sup>
- Sólidos en suspensión en el licor mezcla (MLSS) = 3250 mg/L
- Edad del fango ( $\theta_c$ ) = 9 d
- 2 líneas de tratamiento
- Concentraciones exigidas en el efluente: SS = 30 mg/L  
DBO<sub>5</sub> = 25 mg/L

#### 2.4.1.1.3. Dimensionamiento

A partir de las condiciones impuestas en el apartado anterior se procede al dimensionamiento del reactor de mezcla completa.

- **Rendimiento del tratamiento biológico**

El primer paso a definir es el rendimiento que se debe tener. Generalmente este rendimiento se calcula a partir de la diferencia entre la DBO<sub>5</sub> que entra al reactor y la que sale de la planta, tomando como valor de la DBO<sub>5</sub> la total del agua depurada. Las exigencias de salida de la planta, acordes con la legislación vigente, son < 25 mg/L de DBO<sub>5</sub> en el efluente, de forma que:

$$\eta = \frac{\text{DBO}_5(\text{entrada\_reactor}) - \text{DBO}_5(\text{salida\_planta})}{\text{DBO}_5(\text{entrada\_reactor})}$$

$$\eta = \frac{256,98 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 25 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{256,98 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} = 0,9027$$

Se establece un rendimiento de  $\eta = 90,27\%$

- **Cálculo del volumen del reactor**

El número de microorganismos en el reactor se expresa según <sup>[2]</sup>:

$$X = \frac{\rho_c \cdot Y \cdot (S_0 - S)}{t_R \cdot (1 + K_d \cdot \rho_c)}$$

Si se sustituye el tiempo de retención  $t_R$  por  $V_r/Q$ , siendo  $Q$  el caudal medio de diseño, que al diseñarse 2 líneas será la mitad de dicho caudal:

$$V_r = \frac{Q \cdot \rho_c \cdot Y \cdot (S_0 - S)}{X \cdot (1 + K_d \cdot \rho_c)}$$

Sustituyendo:

$$V_r = \frac{9d \cdot 0,65 \frac{\text{mgSVS}}{\text{mgDBO}_5} \cdot \frac{843,75 \text{ m}^3}{2} \frac{24h}{1d} \left( 256,98 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 25 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right)}{3250 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot (1 + 0,06d^{-1} \cdot 9d)} = 2745,35\text{m}^3$$

Se toman unas dimensiones del reactor de 4 metros de profundidad, por 16 metros de anchura y 48 metros de largo, obteniendo un volumen de reactor para estas dimensiones de  $V_r = 3072 \text{ m}^3$ .

- **Comprobación  $t_R$**

$$t_R = V_r/Q$$

$$t_R = 3072 \text{ m}^3 / 421,875 \text{ m}^3/\text{h} = 7,28 \text{ h}$$

Se observa que el tiempo de residencia para este volumen calculado se encuentra dentro del rango establecido.

- **Comprobación carga másica**

La carga másica se define<sup>[2]</sup> como:

$$C_m = \frac{S_o \cdot Q}{V_r \cdot X}$$

$$C_m = \frac{256,98 \text{ mg/L} \cdot 421,875 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h/d}}{3072 \text{ m}^3 \cdot 3250 \text{ mg/L}} = 0,26 \frac{\text{kgDBO}_5/\text{d}}{\text{kgMLSSV}}$$

La carga másica obtenida se encuentra dentro de rango.

- **Comprobación carga volúmica**

La carga volúmica expresa la masa de  $\text{DBO}_5$  por día y por metro cúbico de reactor<sup>[2]</sup>, de la siguiente forma:

$$C_v = \frac{S_o \cdot Q}{V_r}$$

$$C_v = \frac{256,98 \text{ mg/L} \cdot 421,875 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h/d} \cdot 1000 \text{ l/m}^3}{3072 \text{ m}^3 \cdot 10^6 \text{ mg/1kg}} = 0,845 \frac{\text{kgDBO}_5/\text{d}}{\text{m}^3}$$

La carga volúmica se encuentra dentro del rango establecido.



• **Cálculo de la necesidad teórica de oxígeno**

La necesidad de oxígeno en el proceso de fangos activos con un reactor mezcla completa puede calcularse de forma teórica por la fórmula:

$$O.N. (kg/d) = A \cdot DBO + B \cdot MLSSV$$

Donde:

DBO = kg DBO<sub>5</sub> eliminados al día

MLSSV =kg de MLSSV en el reactor

EL primer término de la ecuación (A · DBO) nos indica la necesidad de oxígeno para la síntesis, donde la materia orgánica del agua se asimila y transforma, en parte, en materia viva. El segundo término (B · MLSSV) se refiere a la respiración endógena, que consiste en la oxidación de la masa activa degradable.

Los coeficientes A y B varían de un autor a otro, según la siguiente tabla:

**Tabla 14. Coeficientes A y B**

Autor	Coeficientes	
	A	B
Eckenfelder y O'Connor	0,48	0,08
Logan y Budd	0,52	0,09
Quirk	0,53	0,015
Mastantuono	Carga másica	
	0,1	0,66 0,065
	0,2	0,59 0,065
	0,3	0,56 0,08
	0,4	0,53 0,08
0,5	0,50 0,08	
W.R.C	0,75	0,048

Se toman los valores de los coeficientes de Mastantuono para una carga másica de  $0,3 \frac{\text{kgDBO}_5 / \text{d}}{\text{kgMLSSV}}$ , la más próxima a la calculada de  $0,26 \frac{\text{kgDBO}_5 / \text{d}}{\text{kgMLSSV}}$ , teniéndose valores de  $A = 0,56$  y  $B = 0,08$ .

Otra forma más exacta para el cálculo de las necesidades teóricas de oxígeno es la que tiene en cuenta la edad del fango ( $\theta_c$ ), de forma que los coeficientes A y B, se sustituyen por  $a'$  y  $b'$  respectivamente<sup>[2]</sup>, siendo:

$$a' = 0,50 + 0,01 \theta_c \text{ kg O}_2/\text{kg DBO}_5$$

$$b' = \frac{0,13 \cdot \theta_c}{(1 + 0,16 \cdot \theta_c)} \text{ kg O}_2/\text{kg DBO}_5$$

De esta forma, los coeficientes quedan:

$$a' = 0,50 + 0,01 \cdot 9 \text{ días} = 0,59 \text{ kg O}_2/\text{kg DBO}_5$$

$$b' = \frac{0,13 \cdot 9d}{(1 + 0,16 \cdot 9d)} = 0,479 \text{ kg O}_2/\text{kg DBO}_5$$

Siendo las necesidades de oxígeno:

$$\begin{aligned} \text{O.N.} &= a' \cdot \text{DBO} + b' \cdot \text{DBO} = \\ 0,59 \frac{\text{kgO}_2}{\text{kgDBO}_5} \cdot 216,83 \frac{\text{kgDBO}_5}{\text{h}} \frac{24\text{h}}{1\text{d}} &+ 0,479 \frac{\text{kgO}_2}{\text{kgDBO}_5} \cdot 216,83 \frac{\text{kgDBO}_5}{\text{h}} \frac{24\text{h}}{1\text{d}} = 5562,98 \frac{\text{kgO}_2}{\text{d}} \end{aligned}$$

En cada reactor de los 2 diseñados se necesitarán unos 5562,98 kg de oxígeno al día.

- **Cálculo de las necesidades reales de oxígeno**

Las necesidades de oxígeno calculadas previamente se refieren a consumo real de oxígeno realizado por la masa bacteriana en condiciones normalizadas, por lo que es necesario convertirlas a condiciones reales de funcionamiento. Esto se hace mediante la aplicación de un factor denominado coeficiente de transferencia (Kt), de forma que:

$$\text{Oxígeno real} = \text{Oxígeno teórico}/Kt$$

El coeficiente Kt depende a su vez de otros tres coeficientes:

$$Kt = Kt_1 \cdot Kt_2 \cdot Kt_3$$

### Coeficiente Kt<sub>1</sub>

La aportación de oxígeno es proporcional al déficit de saturación:

$$Kt_1 = \frac{C'_s - C_x}{C_s}$$

C<sub>x</sub> = concentración media en oxígeno en el tanque de aireación. Se puede adoptar un valor de 2 mg/L<sup>[2]</sup>.

C<sub>s</sub> = concentración en agua clara, a temperatura T y a presión atmosférica normal. C<sub>s</sub> figura en la tabla 17 donde se puede observar que para T = 15° C:

$$C_s = 10,15 \text{ mg/L}$$

**Tabla 15. Valores de Cs en función de la T**

T (°C)	C <sub>s</sub> (mg/L)
13	10,60
14	10,37
15	10,15
16	9,95
17	9,74
18	9,54
19	9,35

C'<sub>s</sub> = concentración de saturación en el tanque de aireación a la temperatura T. Para pasar del C<sub>s</sub> conocido, por la tabla, a C'<sub>s</sub> hay que efectuar tres correcciones:

-β tiene en cuenta las materias en suspensión del licor y su salinidad.

En condiciones normales y hasta salinidades de 3 g/L se puede adoptar:

$$\beta = 0,98$$

- $C_p$  tiene en cuenta las variaciones de presión debidas a la altitud. Se puede calcular mediante la fórmula:

$$C_p = 1 - 0,111 \cdot \text{ALTITUD (m)}/1000$$

Ya que la planta no se encuentra a una altitud mayor de 30 metros sobre el nivel de mar, se puede tomar un valor de  $C_p = 1$ .

- $C_A$  es la corrección que tiene en cuenta la altura del agua en el tanque de aireación. Con sistemas de aireación superficiales, la concentración de saturación media es la misma que en la superficie. No hay corrección,  $C_A$  en este caso es igual que 1.

$$C'_S = C_S \cdot \beta \cdot C_p \cdot C_A$$
$$C'_S = 10,15 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 1 = 9,947 \text{ mg/L}$$

Por tanto, sustituyendo los valores en la ecuación obtenemos:

$$Kt_1 = \frac{9,947 - 2}{9,947} = 0,783$$

### **Coefficiente $Kt_2$**

La velocidad de disolución de oxígeno varía con la temperatura según la siguiente fórmula:

$$Kt_2 = 1,024^{(T-10)}$$

Para la temperatura de 15 °C:

$$Kt_2 = 1,126$$

### **Coefficiente $Kt_3$**

La velocidad de disolución de oxígeno en el agua residual depende de:

- a) La concentración de sólidos en suspensión en el licor mezcla
- b) La calidad del agua intersticial
- c) La concentración en tensioactivos
- d) El sistema de oxigenación

La influencia de estos factores se traduce por un único factor  $Kt_3$  que representa:

$$Kt_3 = \frac{\text{capacidad de transferencia del oxígeno en el licor del reactor}}{\text{capacidad del oxígeno en agua limpia}}$$

Para el diseño se pueden adoptar los valores de la siguiente tabla:

**Tabla 16. Valores del coeficiente  $K_3$**

Sistemas de aireación	$Kt_3$
Aire con burbujas finas	
-Carga media sin nitrificación	0,55
-Carga baja con nitrificación	0,65
Aire con difusores estáticos	0,8
Turbinas de aireación	0,9
Aire con burbujas gruesas	0,9

En este caso, como se utilizan aireadores superficiales se puede adoptar que:

$$Kt_3 = 0,9$$

Así pues, sustituyendo en la ecuación, se obtiene un coeficiente  $Kt$ :

$$Kt = Kt_1 \cdot Kt_2 \cdot Kt_3$$

$$Kt = 0,783 \cdot 1,126 \cdot 0,9 = 0,793$$

La necesidad real de oxígeno será:

$$\text{Oxígeno real} = \text{Oxígeno teórico} / Kt$$

$$\text{Oxígeno real} = 5562,98 / 0,793 = 7015,11 \text{ kgO}_2/\text{día}$$

Para cada uno de los dos reactores diseñados serán necesarios 7015,11 Kg  $O_2$  al día.

- **Cálculo de la potencia a instalar**

En sistemas de aireación con medios mecánicos la potencia a instalar puede calcularse a partir de la expresión:

$$P(\text{CV}) = \frac{\text{Oxígeno Re al}(\text{kgO}_2 / \text{d})}{\text{CoeficienteTransferencia} \left( \frac{\text{kgO}_2}{\text{kw} \cdot \text{h}} \right)}$$

La capacidad de transferencia de las turbinas se establece de 2 kg de O<sub>2</sub> por Kwh.

La potencia a instalar en cada uno de los reactores será de:

$$P(\text{CV}) = \frac{7015,11(\text{kgO}_2/\text{d})}{2 \left( \frac{\text{kgO}_2}{\text{Kw} \cdot \text{h}} \right) \cdot 24 \left( \frac{\text{h}}{\text{d}} \right)} = 146,15\text{Kw}$$

Se instalarán 3 turbinas de 50 Kw distribuidas uniformemente a lo largo de cada uno de los reactores.

- **Recirculación**

En el cálculo de la recirculación se ha de cumplir el principio de continuidad, es decir, el caudal que entra debe ser igual al caudal que sale. Realizando el balance en el decantador secundario reflejado en la figura 1, se tiene:

$$(Q + Q_r) \cdot X = Q_r \cdot X_r$$

$$Q \cdot X + Q_r \cdot X = Q_r \cdot X_r$$

$$Q \cdot X = Q_r \cdot (X - X_r)$$

$$Q_r/Q = X/(X - X_r)$$

$$\frac{Q_r}{Q} = \frac{X}{\frac{1000}{I} - X} = \frac{X \cdot I}{1000 - X \cdot I}$$

Donde I representa el Índice de Mohlmann, siendo el volumen en mL ocupado por un gramo de fango activo, después de decantar durante media hora en una probeta de 1 litro.

Se adopta un valor de  $I = 150$ .

$$\frac{Q_r}{Q} = \frac{3,25 \cdot 200}{\frac{1000}{200} - 3,25} = \frac{3,25 \cdot 150}{1000 - 3,25 \cdot 150} = 0,95$$

$$Q_r = 0,95 \cdot Q = 0,95 \cdot 421,875 \text{ m}^3/\text{h} = 401,29 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se recirculará un caudal de  $401,29 \text{ m}^3/\text{h}$  en cada uno de los dos decantadores secundarios.

La concentración de la recirculación:

$$X_r = \frac{Q_r + Q}{Q_r} \cdot X$$

$$X_r = \frac{0,95 \cdot Q + Q}{0,95 \cdot Q} \cdot 3,25 = 6,67 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- **Fangos en exceso**

A partir de la ecuación de producción de biomasa se puede calcular la cantidad de fangos en exceso, siendo esta:

$$P_x(\text{SSV}) = \frac{Y \cdot Q \cdot (S_0 - S)}{1 + K_d \cdot \theta_c}$$

$$P_x(\text{SSV}) = \frac{0,65 \cdot 421,875 \text{ m}^3/\text{h} \cdot (256,98 - 25) \cdot 24 \text{ h}/\text{d}}{(1 + 0,06 \cdot 9 \text{ d}) \cdot 1000} = 991,37 \frac{\text{kgSSV}}{\text{d}}$$

La relación entre materia volátil (arriba calculada) y materia total (SST) se adopta por defecto como 0,8, por tanto:

$$P_x(\text{SST}) = \frac{P_x(\text{SSV})}{0,80} = 1239,22 \frac{\text{kgSST}}{\text{d}}$$

Se deberán purgar unos  $1239,22 \text{ kg}$  de SST al día en cada decantador.

### 2.4.1.2. Decantador secundario

Las recomendaciones sobre parámetros en decantación, después de un proceso biológico vienen dadas en la tabla 17.

En cuanto a la altura recta sobre vertedero (profundidad del agua medida en los muros perimetrales en los decantadores circulares), se recomiendan los siguientes valores:

$$3,0 \leq h \leq 5,0 \text{ m}$$

**Tabla 17. Parámetros en la decantación de fangos activos**

Proceso	Carga s/ vertedero (m <sup>3</sup> / h·mL)		Carga de sólidos (Kg/m <sup>2</sup> ·h)		Tiempo de retención (h)		Velocidad ascensional (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·h)	
	Q <sub>med</sub>	Q <sub>máx</sub>	Q <sub>med</sub>	Q <sub>máx</sub>	Q <sub>med</sub>	Q <sub>máx</sub>	Q <sub>med</sub>	Q <sub>máx</sub>
Convencional	≤ 5,7	≤ 10,5	≤ 2,5	≤ 6,0	≥ 3	≥ 2	≤ 0,8	≤ 1,5
Alta carga	≤ 6,5	≤ 11,5	≤ 5,6	≤ 9,5	≥ 2,5	≥ 1,5	≤ 1,18	≤ 2

El caudal, medio o punta, de entrada al decantador es igual al caudal de entrada al proceso más el caudal de lodos recirculados, ya que hay que apreciarlo porque es casi el doble que el de la entrada:

$$Q_{med} = Q + Q_{r(medio)} = 421,875 \text{ m}^3/\text{h} + 0,95 \cdot 421,875 \text{ m}^3/\text{h} = 822,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_p = Q + Q_{r(p)} = 1014,06 \text{ m}^3/\text{h} + 0,95 \cdot 1014,06 \text{ m}^3/\text{h} = 1977,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

Debido a lo elevado de los caudales de entrada al decantador secundario para las dos líneas diseñadas se opta por un duplicado de los decantadores, de forma que en cada una de las 2 líneas se sitúan 2 decantadores, siendo los caudales de diseño:

$$Q_{med} = \frac{822,66 \text{ m}^3/\text{h}}{2} = 411,33 \text{ m}^3/\text{h}$$



$$Q_p = \frac{1977,42 \text{ m}^3/\text{h}}{2} = 988,71 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se adoptan los valores de diseño de la tabla del proceso convencional.

- **Cálculo de la superficie**

$$A_{(Q_p)} = \frac{Q_p}{V_{asc(Q_p)}} = \frac{988,71 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{1,5 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}} = 659,14 \text{ m}^2$$

$$A_{(Q_{med})} = \frac{Q_{med}}{V_{asc(Q_{med})}} = \frac{411,33 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0,8 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}} = 514,16 \text{ m}^2$$

La superficie tiene que ser mayor que 659,14 m<sup>2</sup>:

$$\text{Superficie} = \pi \frac{\phi^2}{4} = 659,14 \text{ m}^2$$

$$\phi = 28,97 \text{ m}$$

Se toma un diámetro de 29 m, siendo la superficie real de 660,52 m<sup>2</sup>.

- **Comprobación de la carga de sólidos**

$$C_{sól,(Q_p)} = \frac{X \cdot Q_p}{\text{Sup.real}} = \frac{3,25 \cdot 988,71}{660,52} = 4,91 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \leq 6$$

$$C_{sól,(Q_{med})} = \frac{X \cdot Q_{med}}{\text{Sup.real}} = \frac{3,25 \cdot 411,33}{660,52} = 2,02 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \leq 2,5$$

Por tanto la superficie adoptada es válida.

- **Cálculo del volumen**

$$V_{(Qp)} = t_{R(Qp)} \cdot Q_p = 2h \cdot 988,71 = 1977,42 \text{ m}^3$$

$$V_{(Qmed)} = t_{R(Qmed)} \cdot Q_{med} = 3h \cdot 411,33 = 1233,99 \text{ m}^3$$

$$h \geq \frac{\text{Volumen}}{\text{Sup.real}} = \frac{1977,42 \text{ m}^3}{660,52 \text{ m}^2} = 2,99 \text{ m}$$

Se adopta un valor de 3 m para la altura del decantador secundario, que se ajusta al rango recomendado.

- **Cálculo de la carga sobre vertedero**

$$C_{\text{vert}(Qp)} = \frac{Q_p}{2 \times \pi \times R} = \frac{988,71 \text{ m}^3/h}{2 \times \pi \times 14,5 \text{ m}} = 10,38 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{mL}} \leq 10,5$$

$$C_{\text{vert}(Qmed)} = \frac{Q_{med}}{2 \times \pi \times R} = \frac{411,33 \text{ m}^3/h}{2 \times \pi \times 14,5 \text{ m}} = 4,51 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{mL}} \leq 5,7$$

## **II. LINEA DE FANGO. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO**

### **1. DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES Y CARGAS DE DISEÑO**

Para el diseño de la línea de fangos se toman como caudales de diseño los caudales de fangos producidos en la decantación primaria y los fangos en exceso del tratamiento biológico.

Fangos procedentes de la decantación primaria:

- Cantidad de fango producido al día:

$$F \text{ (SST)} = 2280,168 \text{ kg/d}$$

$$F \text{ (SSV)} = 1482,11 \text{ kg/d}$$

- Concentración:

$$C_F = 5\% = 50 \text{ kg/m}^3$$

Fangos procedentes del tratamiento biológico:

- Cantidad de fango producido al día:

$$P_x \text{ (SST)} = 2478,44 \text{ Kg/d}$$

$$P_x \text{ (SSV)} = 1982,74 \text{ Kg/d}$$

Los caudales máxicos de fango son los totales procedentes de las dos unidades de decantación primaria y de las dos unidades de tratamiento biológico.

### **2. ESTABILIZACIÓN AEROBIA**

La estabilización aerobia se realiza en un tanque cerrado, debido a que su aireación será mediante oxígeno puro, de forma que se adopta una única temperatura media como condición de diseño.

Se supone una purga de los fangos mixtos al 2,3%, es decir, 23 kg de fango por m<sup>3</sup>, de donde se obtiene que el caudal de fangos enviado a la digestión es:

$$Q_{\text{dig}} = \frac{P_x(\text{SST}) + F(\text{SST})}{23 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = \frac{2478,44 \frac{\text{Kg}}{\text{d}} + 2280,168 \frac{\text{Kg}}{\text{d}}}{23 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 206,896 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Este caudal se considera elevado para ser tratado en una única unidad de digestión aerobia, por lo que se establecen 2 unidades de digestión siendo el caudal que llega a cada una de ellas la mitad del anterior:

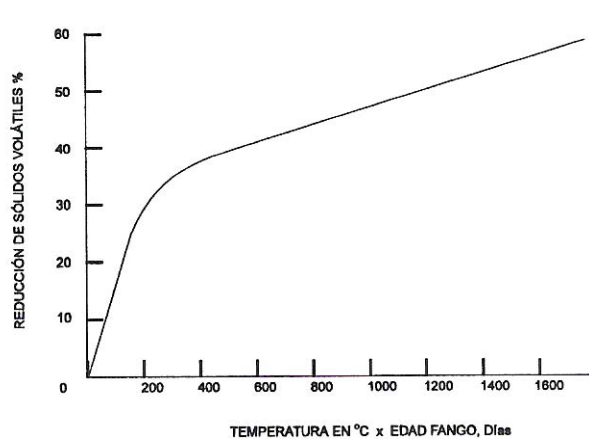
$$\frac{Q_{\text{dig}}}{2} = \frac{206,896 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{2} = 103,448 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Además, se establecen las siguientes condiciones de diseño:

- Temperatura media: 25 °C
- Reducción de sólidos volátiles exigida: 40%

• **Cálculo de la edad del fango**

Para una reducción del 40% de SSV, obtenemos entrando en la gráfica de la figura 4, el valor:



**Figura 4. Reducción de SSV en la digestión aerobia**

Temperatura x Edad del fango = 580 (°C x días)

Por lo que, para la temperatura de 25 °C:

$$\text{Edad}(\vartheta_c) = \frac{580}{25} = 23,2 \text{ días}$$

- **Cálculo del rendimiento en reducción de SSV**

El rendimiento en reducción de SSV se hará para una temperatura media de 25 °C.

Por tanto, los kg de SSV eliminados diariamente por cada unidad de digestión:

$$\begin{aligned} \text{kgSSVe lim inados} &= \left( \frac{P_x(\text{SSV}) + F(\text{SSV})}{2} \right) \times 0,40 = \\ &= \left( \frac{1982,74 + 1482,11}{2} \right) \times 0,40 = 692,97 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \end{aligned}$$

- **Cálculo del volumen del digestor**

La expresión que da el volumen del digestor:

$$V = \frac{Q_{\text{dig}} \times (CF_{\text{dig}} + DBO_F)}{X \times \left( K_d \times \frac{SSV}{SST} + \frac{1}{\vartheta_c} \right)}$$

Siendo:

$Q_{\text{dig}}$  = caudal medio purgado a digestión

$CF_{\text{dig}}$  = concentración de sólidos en la purga a digestión

$DBO_F$  = concentración de  $DBO_5$  en el fango primario

$X$  = concentración de sólidos en el digestor. Se establece como valor máximo 25  $\text{kg/m}^{3[2]}$ , se toma 22  $\text{kg/m}^3$

$K_d$  = constante de reacción

$\vartheta_c$  = edad del fango

En un sistema continuo sin recirculación el rendimiento viene dado<sup>[2]</sup> por:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{1}{K_d \times \vartheta_c}}$$

Despejando:

$$K_d = \frac{1}{\vartheta_c \times \left(\frac{1}{\eta} - 1\right)} = \frac{1}{23,2d \times \left(\frac{1}{0,40} - 1\right)} = 0,029d^{-1}$$

La fracción volátil de los sólidos en cada unidad de digestión:

$$\frac{SSV}{SST} = \frac{(991,37 + 741,11)Kg/d}{(1140,084 + 1239,22)Kg/d} = 0,73$$

Sustituyendo:

$$V = \frac{103,448 \frac{m^3}{d} \times \left(23 \frac{Kg}{m^3} + 0,257 \frac{Kg}{m^3}\right)}{22 \frac{Kg}{m^3} \times \left(0,029d^{-1} \times 0,73 + \frac{1}{23,2d}\right)} = 1701,5m^3$$

Se dispone de un tanque de 3,5 metros de profundidad, con una guarda hidráulica de 1 m, una longitud de 35 metros y 15 metros de anchura:

$$V_{real} = 3,5m \times 15m \times 35m = 1837,5m^3$$

Con estas dimensiones se obtiene un volumen de 1837,5 m<sup>3</sup> para cada digestor.

- **Comprobación del tiempo de retención**

En un sistema continuo sin recirculación el tiempo de retención ( $t_R$ ) es igual a la edad del fango:

$t_R = \theta_c = 23,2d > 15$  días recomendados por el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas)<sup>[2]</sup>.

- **Comprobación de la carga de trabajo**

Se define como la cantidad de materia volátil diaria, que se introduce en el digestor por metro cúbico del mismo.

El valor de diseño recomendado por el CEDEX para fangos mixtos<sup>[2]</sup>:

$$C_T \leq 3 \left( \frac{\text{kgSSV}}{\text{m}^3 \times \text{día}} \right)$$

Para el digestor diseñado:

$$C_T = \frac{SSV_0}{V} = \frac{(991,37 + 741,055) \frac{\text{kg}}{\text{d}}}{1837,5\text{m}^3} = 0,94 \left( \frac{\text{kgSSV}}{\text{m}^3 \times \text{día}} \right) < 3$$

Donde:

$SSV_0$  = cantidad de sólidos volátiles iniciales en el digestor

$V$  = volumen del digestor

La carga de trabajo es acorde al valor recomendado.

### 3. ESPESAMIENTO POR GRAVEDAD

Se espesará el fango procedente del digester aerobio, por tanto los datos de diseño son:

- Cantidad de fango a espesar:

Se puede obtener el caudal másico de fangos resultantes después de la digestión siguiendo la ecuación:

$$\eta = 1 - \frac{SSV_{(dig)}}{SSV_{0(dig)}}$$

Despejando:

$$SSV_{(dig)} = (1 - \eta) \times SSV_{0(dig)}$$

$$SSV_{(dig)} = (1 - 0,40) \times (991,37 \times 741,055) \frac{\text{kg}}{\text{d}} = 1039,445 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

La relación  $\frac{SSV}{SST}$  en los digestores previamente calculada es de 0,73:

$$SST_{(dig)} = \frac{1039,445 \frac{\text{kg}}{\text{d}}}{0,73} = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

El  $SST_{(dig)}$  calculado se refiere a cada digester, habiendo un total de 2 digestores, se tiene que la cantidad de fangos totales a espesar es de 2800 kg/d.

- Concentración en entrada de fangos a espesar:

$$C_{dig} = 2,2\% = 22 \text{ Kg/m}^3$$

Los parámetros de diseño siguiendo recomendaciones bibliográficas<sup>[2]</sup> para fango mixto son:



- Concent. fango espesado ( $C_{FE}$ ): Recomendado: 4-7 %  
Elegido: 6%
  
- Carga hidráulica máxima ( $C_H$ ): Recomendado:  $\leq 0,90 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}$   
Elegido:  $0,70 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}$
  
- Carga de sólidos máxima ( $C_{sol}$ ): Recomendado:  $40-70 \frac{Kg}{m^2 \cdot d}$   
Elegido:  $55 \frac{Kg}{m^2 \cdot d}$
  
- Tiempo mínimo de retención ( $t_R$ ): Recomendado:  $\geq 24$  horas  
Elegido: 24 horas
  
- Tiempo oper. Bombeo fango ( $t_B$ ): Recomendado:  $8 \frac{horas}{día}$   
Elegido:  $8 \frac{horas}{día}$
  
- Altura del espesador ( $h_E$ ): Recomendado: 2,5-3 metros

• **Cálculo del volumen necesario**

La expresión que proporciona el volumen:

$$V_{esp} = \frac{F_{dig} (SST) \times t_R}{C_{dig}}$$

Donde:

$F_{dig} (SST)$  = caudal másico de fango que llega al espesador desde la digestión

$C_{dig}$  = concentración de los fangos a la entrada

$t_R$  = tiempo de retención

Sustituyendo:

$$V_{\text{esp}} = \frac{2800 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \times 24\text{h}}{22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{d}}} = 127,2\text{m}^3$$

- **Cálculo de la superficie necesaria**

El caudal diario de fango bombeado ( $Q_{\text{FB}}$ ) es:

$$Q_{\text{FB}} = \frac{F_{\text{dig}}(\text{SST})}{C_{\text{dig}}} = \frac{2800 \frac{\text{kg}}{\text{d}}}{22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 127,2 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Se ha establecido que el tiempo de bombeo de fangos es de 8 horas al día, el caudal horario será:

$$Q_{\text{BF}} = \frac{127,2 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{8 \frac{\text{h}}{\text{d}}} = 15,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

La superficie necesaria:

$$A_{\text{E}} = \frac{Q_{\text{BF}}}{C_{\text{H}}} = \frac{15,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0,70 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \times \text{h}}} = 22,14\text{m}^2$$

Con diámetro de:

$$d_{\text{E}} = \sqrt{\frac{4 \times A_{\text{E}}}{\pi}} = 5,30\text{m}$$

Se toma un diámetro de 5,5 m, obteniéndose una superficie real de  $A_{E(\text{real})} = 23,76$  m<sup>2</sup>.

- **Comprobación de la carga de sólidos**

$$C_{\text{sol}} = \frac{F_{\text{dig}}(\text{SST})}{A_{E(\text{real})}} = \frac{2800 \frac{\text{kg}}{\text{d}}}{23,76\text{m}^2} = 117,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \times \text{d}}$$

Este valor es muy superior al recomendado por lo que se debe ampliar la superficie necesaria disminuyendo la carga de sólidos, siendo la nueva superficie:

$$A_{E2} = \frac{F_{\text{dig}}(\text{SST})}{C_{\text{sol}}} = \frac{2800}{55} = 50,90\text{m}^2$$

El nuevo diámetro es:

$$d_{E2} = \sqrt{\frac{4 \times A_{E2}}{\pi}} = 8,05\text{m}$$

Se toma un diámetro de 8,05 m que da una superficie de 50,90 m<sup>2</sup>.

- **Dimensiones unitarias**

Cálculo de la altura:

$$h = \frac{V_{\text{esp}}}{A_E} = \frac{127,2\text{m}^3}{50,90\text{m}^2} = 2,499\text{m}$$

Se toma un valor de altura  $h = 2,6$  m y se calcula el volumen final del espesador:

$$V_{\text{esp}} = 2,6\text{m} \times 50,90\text{m}^2 = 133,34\text{m}^3$$

De forma que las dimensiones del espesador son:

$$d_E = 8,05 \text{ m} \quad A_E = 50,90 \text{ m}^2 \quad h_E = 2,6 \text{ m} \quad V_{\text{esp}} = 133,34 \text{ m}^3$$

• **Comprobaciones**

Tiempo de retención:

$$t_R = \frac{V_{\text{esp}} \times C_{\text{dig}}}{F_{\text{dig}}(\text{SST})} = \frac{133,34 \text{ m}^3 \times 22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2800 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \times \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ h}}} = 25,13 \text{ h} \geq 24 \text{ h}$$

Carga hidráulica:

$$C_H = \frac{Q_{\text{BF}}}{A_E} = \frac{15,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{50,90 \text{ m}^2} = 0,30 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \times \text{h}} < 0,90 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \times \text{h}}$$

Carga sólidos:

$$C_{\text{sol}} = \frac{F_{\text{dig}}(\text{SST})}{A_E} = \frac{2658 \frac{\text{kg}}{\text{d}}}{50,26 \text{ m}^2} = 55,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \times \text{d}} \in (40 - 70) \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \times \text{d}}$$

Se cumplen los parámetros establecidos.

#### 4. DESHIDRATACIÓN DE FANGOS

Los principales parámetros de diseño para este tipo de instalaciones son los siguientes:

- Carga de aplicación de fango ( $C_{AF}$ ): Recomendado:  $90-680 \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{h}}$   
Elegido:  $150 \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{h}}$
- Agua de lavado: Recomendado:  $1,6-6,3 \frac{\text{L}}{\text{m} \times \text{s}}$   
Elegido:  $1,8 \frac{\text{L}}{\text{m} \times \text{s}}$
- Presión de lavado: Recomendado: 50-70 m.c.a.  
Elegido: 60 m.c.a.

Las condiciones de funcionamiento establecidas para el sistema:

- Fango procedente espesamiento:  $F_{\text{esp}}(\text{SST}) = 2800 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$   
 $C_{\text{esp}} = 6\% = 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- Concent. fango deshidratado:  $C_{\text{desh}} = 20\% = 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- Días de trabajo a la semana:  $d_s = 5 \frac{\text{días}}{\text{sem}}$
- Horas de funcionamiento diarias:  $h_D = 8 \frac{\text{h}}{\text{día}}$
- Sistema de deshidratación: Filtro banda

- **Cálculo del depósito tampón de fangos**

Dado el funcionamiento discontinuo de las instalaciones de deshidratación, es conveniente disponer siempre de un depósito de fango espesado que garantice cierta capacidad tampón.

Debido a que la instalación no prevé deshidratar los fines de semana, se adopta un tiempo de retención en el depósito de 3 días:

$$t_R = 3 \text{ días}$$

El caudal de fango que llega a deshidratación:

$$Q_{\text{desh}} = \frac{F_{\text{esp}}(\text{SST})}{C_{\text{esp}}} = \frac{2800 \frac{\text{kg}}{\text{d}}}{60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 46,67 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Volumen del depósito:

$$V = t_R \times Q_{\text{desh}} = 46,67\text{m}^3 \times 3\text{d} = 140\text{m}^3$$

Se opta por una unidad circular de:

Diámetro: 8m

Altura: 3m

$$V_{\text{real}} = \frac{8^2 \times \pi}{4} \times 3 = 151\text{m}^3$$

$$t_{\text{Real}} = \frac{V_{\text{real}}}{Q_{\text{desh}}} = \frac{151\text{m}^3}{46,67 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 3,23\text{d}$$

- **Cálculo del filtro banda**

- Horas de funcionamiento semanal en deshidratación (Hs):

$$Hs = d_s \times h_D = 5 \frac{\text{d}}{\text{sem}} \times 8 \frac{\text{h}}{\text{d}} = 40 \frac{\text{h}}{\text{sem}}$$

- Caudal diario de fango a secar ( $Q_{desh}$ ):

$$Q_{desh} = \frac{F_{esp}(SST)}{C_{esp}} = \frac{2800 \frac{kg}{d}}{60 \frac{kg}{m^3}} = 46,67 \frac{m^3}{d}$$

- Caudal de fango seco ( $Q_{seco}$ ):

$$Q_{seco} = \frac{F_{esp}(SST)}{C_{desh}} = \frac{2800 \frac{kg}{d}}{200 \frac{kg}{m^3}} = 14 \frac{m^3}{d}$$

- Caudal horario de fango a secado ( $Q'_{desh}$ ):

$$Q'_{desh} = Q_{desh} \times \frac{7 \frac{d}{sem}}{40 \frac{h}{sem}} = 46,67 \frac{m^3}{d} \times \frac{7 \frac{d}{sem}}{40 \frac{h}{sem}} = 8,07 \frac{m^3}{h}$$

- Carga horaria de fango ( $C_F$ ):

$$C_F = F_{esp}(SST) \times \frac{7 \frac{d}{sem}}{40 \frac{h}{sem}} = 2800 \frac{kg}{d} \times \frac{7 \frac{d}{sem}}{40 \frac{h}{sem}} = 475 \frac{kg}{h}$$

Se adoptan 2 unidades de Filtros Banda, más uno fuera de servicio, en total 3 Filtros Banda de los que 2 trabajarán simultáneamente.

Se supone una carga de aplicación de fango ( $C_{AF}$ ) de  $150 \frac{kg}{m \times h}$  de forma que el ancho de banda de cada filtro ( $A_b$ ) es:

$$A_b = \frac{C_F}{N^\circ \text{ filtros} \times C_{AF}} = \frac{475 \frac{kg}{h}}{2 \times 150 \frac{kg}{m \times h}} = 1,58m$$

Se eligen filtros banda de 1,5 m de ancho de banda, por lo que la carga de aplicación de fango real ( $C_{AFreal}$ ) es:

$$C_{AFreal} = \frac{C_F}{N^{\circ} \text{ filtros} \times A_b} = \frac{475 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{2 \times 1,50\text{m}} = 158,33 \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{h}}$$

- Caudal del agua de lavado:

Se toma un caudal de agua de lavado de  $1,8 \frac{\text{L}}{\text{m} \times \text{s}}$ , que multiplicado por los 3 m de ancho de banda total de los filtros dan un caudal total de agua de lavado de  $5,4 \frac{\text{L}}{\text{s}}$ . Se adoptan 3 bombas (una de reserva) de  $2,7 \frac{\text{L}}{\text{s}}$  cada una, con una presión de 60 m.c.a.



### III. SISTEMA DE DESODORIZACIÓN

#### 1. CAUDALES A DESODORIZAR

En el presente apartado se calcula el volumen de los recintos a los que se aplica la desodorización, para posteriormente, a partir del número de renovaciones/hora adoptado para cada recinto, calcular los caudales a tratar en las torres de absorción-oxidación.

El dimensionamiento de las unidades de depuración realizado en los capítulos I y II anteriores será la base utilizada para el diseño del sistema de desodorización, de forma que se desodorizarán los caudales de aire provenientes de las siguientes unidades:

- Desbaste
- Desarenado-Desengrasado
- Digestión aerobia de fangos
- Espesado de fangos
- Deshidratación de fangos

##### 1.1. Desbaste y Desarenado-Desengrasado

Con el propósito de concentrar los malos olores procedentes del agua bruta y de los residuos que transporta se cubren estas dos unidades de tratamiento con una estructura metálica, de donde se extraerán dichos olores para su posterior desodorización.

Las dimensiones de cada unidad son las reflejadas en la tabla 18:

**Tabla 17. Dimensiones unidades desbaste y desarenado/desengrasado**

Unidad	Longitud (m)	Anchura (m)	Nº Líneas	Separación entre líneas (m)	Anchura exterior (m)	Anchura Total (m)
Desbaste	6	0,8	3	0,5	2 x 0,5	4,4
Desarenador/ Desengrasador	12	2,9	2	0,5	2 x 0,5	7,3

Como el ancho de la zona de desbaste es menor a la zona de desarenado-desengrasado se adopta la cubierta de cada zona por separado, ya que además, el número de renovaciones a la hora del aire confinado en cada una de ellas es distinto. De esta forma se cubre la unidad de desbaste con una cubierta metálica de 5 m de ancho, 6 m de longitud y una altura de 3,5 m. La longitud de la cubierta para el desarenador-desengrasador es de 13 m, con una anchura total de 8,5 m teniendo en cuenta una guarda de maniobrabilidad de 1 m, adoptando una altura de 3,5 m. Se tiene que el volumen cubierto en el pretratamiento es:

$$V_{\text{desbaste}} = 6\text{m} \times 5\text{m} \times 3,5\text{m} = 105\text{m}^3$$

$$V_{\text{des}} = 13\text{m} \times 8,5\text{m} \times 3,5\text{m} = 386,75\text{m}^3$$

## **1.2. Digestión aerobia**

Cada unidad, de las dos diseñadas, de digestión aerobia de fangos tiene unas dimensiones de 15 metros de ancho por 35 metros de largo.

Para confinar el olor, se utiliza una cubierta para las dos líneas a una altura de 1 metro sobre la superficie de los fangos en los digestores, de forma que el volumen cubierto queda:

$$V_{\text{dig}} = N^{\circ} \text{ unidades} \times \text{Altura} \times \text{Longitud} \times \text{Anchura}$$

$$V_{\text{dig}} = 2 \times 1\text{m} \times 35\text{m} \times 15\text{m} = 1050\text{m}^3$$

## **1.3. Espesado**

El espesador de fangos diseñado también se cubrirá de la misma forma que los digestores. El único espesador tiene un diámetro de 8,05 metros, que supone una superficie de 50,90 m<sup>2</sup>. La cubierta se coloca a un metro de altura sobre la superficie quedando un volumen cubierto:

$$V_{\text{esp}} = 1\text{m} \times 50,90\text{m}^2 = 50,90\text{m}^3$$

### 1.4. Deshidratación

Se proyecta un edificio de deshidratación de 15 metros de longitud, 8 metros de anchura y 4 metros de alto para cerrar todo el proceso de deshidratación de los fangos procedentes del espesador.

$$V_{\text{desh}} = 15\text{m} \times 8\text{m} \times 4\text{m} = 480\text{m}^3$$

### 1.5. Caudal total

Para el cálculo del caudal de aire a extraer se debe utilizar el número de renovaciones del aire interior a la hora. Según recomendaciones bibliográficas<sup>[11]</sup>, dependerá de la cantidad de contaminante y del volumen del recinto.

En la siguiente tabla se reflejan los caudales a desodorizar en cada unidad así como el total que llega a las columnas de absorción.

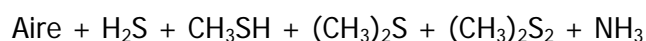
**Tabla 19. Caudales a desodorizar**

	Volumen (m <sup>3</sup> )	Nº Renovaciones/hora	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
Desbaste	105	9	945
Desar.-Deseng.	386,75	5	1933,75
Digestión aerobia	1050	8	8400
Espesado fangos	50,90	10	509
Deshidratación	480	8	3840
<b>Total</b>	<b>2072,65</b>		<b>15627,75</b>

Se tiene como caudal total de desodorización unos 15627,75 m<sup>3</sup>/h, pero se establece como caudal de diseño 16000 m<sup>3</sup>/h, asegurando la desodorización de los recintos confinados.

## 2. BALANCES DE MATERIA

Se realiza un balance de materia a los compuestos implicados en la desodorización. Con estos balances se podrán obtener las cantidades necesarias diarias de cada reactivo absorbente dependiendo de la concentración de los compuestos a eliminar. La composición resumida de los gases olorosos procedentes de una depuradora es:



La concentración de estos componentes, utilizada como base en los balances se establece en la siguiente tabla:

**Tabla 20. Concentraciones máximas**

Componente	Concentración máxima (mg/Nm <sup>3</sup> )
H <sub>2</sub> S	5
CH <sub>3</sub> SH	3
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S + (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	1
NH <sub>3</sub>	6

Los componentes de la corriente gaseosa a tener en cuenta en los balances son el H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub>, con una concentración de 5 mg/Nm<sup>3</sup> cada uno.

Se realiza también el balance de materia a los reactivos necesarios para la eliminación de los componentes olorosos, como son el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en la primera etapa para tratar el NH<sub>3</sub>, y el NaOCl y NaOH en la segunda etapa para tratar el H<sub>2</sub>S.

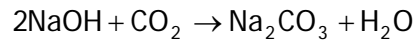
### 2.1. Balance de materia al H<sub>2</sub>S

El sulfuro de hidrógeno es absorbido en la segunda etapa por el NaOH para posteriormente ser oxidado por el NaOCl según las siguientes reacciones:

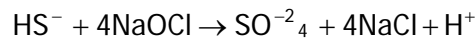
- Reacción de absorción:



Se produce además una reacción secundaria del hidróxido sódico no deseada:



- Reacción de oxidación:



El balance de materia se representa de la siguiente forma:

$$(\text{Acumulación}) = (\text{Entrada}) - (\text{Salida}) + (\text{Generación}) - (\text{Consumo})$$

Se tiene que en este caso los términos de acumulación y generación son nulos, de forma que el balance resulta:

$$(\text{Entrada}) = (\text{salida}) + (\text{Consumo})$$

(N) = Kilogramos del componente por Nm<sup>3</sup> de gas (kg/Nm<sup>3</sup>)

(F) = Caudal molar del componente (mol/h)

Los subíndices <sub>E</sub> y <sub>S</sub> hacen referencia a la corriente de entrada y salida del componente.

$$(\text{N}_{\text{H}_2\text{S}})_E = 5 \text{ mg/Nm}^3 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$$

$$[\text{H}_2\text{S}] = 5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} \times \frac{1\text{mol}}{34,08\text{g}} = 1,467 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$Q = 16000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$(\text{F}_{\text{H}_2\text{S}})_E = Q \times [\text{H}_2\text{S}] = 16000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 1,467 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} = 2,35 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

La absorción del sulfuro de hidrógeno presenta una eficacia del 99%, por lo que el sulfuro de hidrógeno consumido es:

$$(F_{H_2S})_c = 0,99 \times (F_{H_2S})_E = 2,35 \frac{\text{mol}}{\text{h}} \times 0,99 = 2,32 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

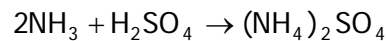
$$(F_{H_2S})_s = 2,6 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

El caudal másico a eliminar diariamente de sulfuro de hidrógeno es:

$$2,35 \frac{\text{mol}}{\text{h}} \times \frac{1\text{Kg}}{1000\text{g}} \times \frac{34,08\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{24\text{h}}{1\text{d}} = 1,92 \frac{\text{KgH}_2\text{S}}{\text{día}}$$

## 2.2. Balance de materia al NH<sub>3</sub>

En la primera etapa del sistema de desodorización el NH<sub>3</sub> reacciona con el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> respondiendo a la siguiente reacción:



Se opta por una concentración de NH<sub>3</sub> a la entrada similar a la de sulfuro de hidrógeno:

$$(N_{\text{NH}_3})_E = 5 \text{ mg/Nm}^3 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$$

$$[\text{NH}_3] = 5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1000\text{g}}{1\text{Kg}} \times \frac{1\text{mol}}{17\text{g}} = 2,94 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$(F_{\text{NH}_3})_E = Q \times [\text{NH}_3] = 16000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 2,94 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} = 4,70 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Para la absorción del NH<sub>3</sub> la eficacia se estima también del 99%, por tanto:

$$(F_{\text{NH}_3})_c = 0,99 \times (F_{\text{NH}_3})_E = 4,70 \frac{\text{mol}}{\text{h}} \times 0,99 = 4,66 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$(F_{\text{NH}_3})_s = 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Se debe eliminar diariamente una cantidad de:

$$4,70 \frac{\text{mol}}{\text{h}} \times \frac{1\text{kg}}{1000\text{g}} \times \frac{17\text{g}}{1\text{mol}} \times \frac{24\text{h}}{1\text{d}} = 1,92 \frac{\text{kgNH}_3}{\text{día}}$$

### 2.3. Balance de materia al NaOCl



La densidad del hipoclorito sódico a temperatura ambiente se establece en 1,230  $\frac{\text{g}}{\text{mL}}$  y la concentración de la solución es del 10% en peso.

$$\text{Cantidad NaOCl} = \frac{4 \text{ mol NaOCl}}{1 \text{ mol HS}^-} \times \frac{1 \text{ mol HS}^-}{34,08 \text{ gHS}^-} \times \frac{74,5 \text{ gNaOCl}}{1 \text{ molNaOCl}} = 8,74 \frac{\text{gNaOCl}}{\text{gHS}^-}$$

Se adopta una relación de 9 gramos de NaOCl por cada gramo de HS<sup>-</sup> consumido.

$$\frac{\text{CantidadNaOClpuro}}{\text{día}} = \frac{\text{kgNaOCl}}{\text{kgHS}^-} \times \frac{\text{kgHS}^-}{\text{día}}$$

$$\frac{\text{CantidadNaOClpuro}}{\text{día}} = 9 \frac{\text{kgNaOCl}}{\text{kgHS}^-} \times 1,92 \frac{\text{kgHS}^-}{\text{día}} = 17,28 \frac{\text{kgNaOClpuro}}{\text{día}}$$

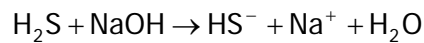
$$\frac{\text{CantidadNaOCl}}{\text{día}} = [\text{NaOCl}] \times \frac{\text{kgNaOClpuro}}{\text{día}}$$

$$\frac{\text{CantidadNaOCl}}{\text{día}} = \frac{100\text{gTotales}}{10\text{gNaOClpuro}} \times 17,28 \cdot 10^3 \frac{\text{gNaOClpuro}}{\text{día}} = 172,8 \frac{\text{kgNaOCl}}{\text{día}}$$

$$\text{VolumenNaOCI} = \frac{\text{kgNaOCI} / \text{día}}{\rho_{\text{NaOCI}}} = \frac{172,8 \text{kgNaOCI} / \text{día}}{1,230 \text{ kg/L}} = 140,49 \frac{\text{LNaOCI}}{\text{día}}$$

$$\text{Dosificación mínima} = 140,49 \frac{\text{LNaOCI}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{día}}{24 \text{h}} = 5,85 \frac{\text{LNaOCI}}{\text{h}}$$

#### 2.4. Balance de materia al NaOH



La densidad del hidróxido sódico a temperatura ambiente se establece en  $1,133 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$

y la concentración de la solución es del 10% en peso.

$$\text{Cantidad NaOH} = \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol H}_2\text{S}} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{S}}{34,08 \text{gH}_2\text{S}} \times \frac{40 \text{gNaOH}}{1 \text{ mol NaOH}} = 1,173 \frac{\text{gNaOH}}{\text{gH}_2\text{S}}$$

Se suelen utilizar entre 4 y 5 kilogramos de compuesto absorbente por cada kilogramo del compuesto a absorber para garantizar la correcta absorción, en este caso se adopta la relación de  $4 \frac{\text{kgNaOH}}{\text{kgH}_2\text{S}}$ .

$$\frac{\text{CantidadNaOHpuro}}{\text{día}} = \frac{\text{kgNaOH}}{\text{kgH}_2\text{S}} \times \frac{\text{kgH}_2\text{S}}{\text{día}}$$

$$\frac{\text{CantidadNaOHpuro}}{\text{día}} = 4 \frac{\text{kgNaOH}}{\text{kgH}_2\text{S}} \times 1,92 \frac{\text{kgH}_2\text{S}}{\text{día}} = 7,68 \frac{\text{kgNaOHpuro}}{\text{día}}$$

$$\frac{\text{CantidadNaOH}}{\text{día}} = [\text{NaOH}] \times \frac{\text{kgNaOHpuro}}{\text{día}}$$

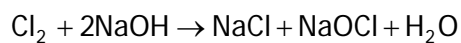


$$\frac{\text{CantidadNaOH}}{\text{día}} = \frac{100\text{gTotales}}{10\text{gNaOHpuro}} \times 7680 \frac{\text{gNaOHpuro}}{\text{día}} = 76,8 \frac{\text{kgNaOH}}{\text{día}}$$

$$\text{VolumenNaOH} = \frac{\text{kgNaOH} / \text{día}}{\rho\text{NaOH}} = \frac{76,8\text{kgNaOH} / \text{día}}{1,133 \text{Kg} / \text{L}} = 67,78 \frac{\text{LNaOH}}{\text{día}}$$

$$\text{Dosificación mínima} = 67,78 \frac{\text{LNaOH}}{\text{día}} \times \frac{1\text{día}}{24\text{h}} = 2,82 \frac{\text{LNaOH}}{\text{h}}$$

En el proceso de absorción-oxidación del H<sub>2</sub>S por parte del NaOH y NaOCl se genera una cantidad de cloro residual libre que debe ser neutralizado, esto se consigue con un aporte extra de NaOH, que será el encargado de dicha neutralización.



$$\text{Cantidad NaOH} = \frac{2 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{71 \text{ g Cl}_2} \times \frac{40 \text{ g NaOH}}{1 \text{ mol NaOH}} = 1,126 \frac{\text{gNaOH}}{\text{gCl}_2}$$

Se supone como óptima una relación de cloro residual generado de 0,6 g de Cl<sub>2</sub> por litro de NaOCl utilizado en la oxidación del H<sub>2</sub>S. Se ha visto en el apartado anterior que se utilizan 280,97 litros al día de NaOCl, por lo que se generarán unos 168,582 g de Cloro residual libre al día.

$$\frac{\text{Cantidad NaOH puro}}{\text{día}} = \frac{\text{kgNaOH}}{\text{kgCl}_2} \times \frac{\text{kgCl}_2}{\text{día}}$$

$$\frac{\text{CantidadNaOHpuro}}{\text{día}} = 1,126 \frac{\text{kgNaOH}}{\text{kgCl}_2} \times 0,168 \frac{\text{kgCl}_2}{\text{día}} = 0,189 \frac{\text{kgNaOHpuro}}{\text{día}}$$

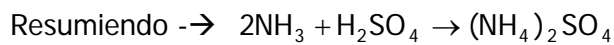
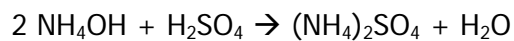
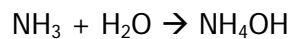
$$\frac{\text{CantidadNaOH}}{\text{día}} = [\text{NaOH}] \times \frac{\text{kgNaOHpuro}}{\text{día}}$$

$$\frac{\text{CantidadNaOH}}{\text{día}} = \frac{100\text{gTotales}}{10\text{gNaOHpuro}} \times 189,82 \frac{\text{gNaOHpuro}}{\text{día}} = 1,898 \frac{\text{kgNaOH}}{\text{día}}$$

$$\text{VolumenNaOH} = \frac{\text{kgNaOH} / \text{día}}{\rho\text{NaOH}} = \frac{1,898\text{kgNaOH} / \text{día}}{1,133 \text{Kg} / \text{L}} = 1,675 \frac{\text{LNaOH}}{\text{día}}$$

Se tiene que el caudal total de NaOH para la absorción del H<sub>2</sub>S y la neutralización del Cl<sub>2</sub> de 69,455 litros al día.

## 2.5. Balance de materia al H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



La densidad del ácido sulfúrico a temperatura ambiente se establece en 1,3065  $\frac{\text{g}}{\text{mL}}$

y la concentración de la solución es del 40% en peso.

$$\text{CantidadH}_2\text{SO}_4 = \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol NH}_3} \times \frac{1 \text{ mol NH}_3}{17 \text{ g NH}_3} \times \frac{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} = 2,88 \frac{\text{gH}_2\text{SO}_4}{\text{gNH}_3}$$

$$\frac{\text{CantidadH}_2\text{SO}_4\text{puro}}{\text{día}} = \frac{\text{kgH}_2\text{SO}_4}{\text{kgNH}_3} \times \frac{\text{kgNH}_3}{\text{día}}$$

$$\frac{\text{CantidadH}_2\text{SO}_4\text{puro}}{\text{día}} = 2,88 \frac{\text{KgH}_2\text{SO}_4}{\text{KgNH}_3} \times 1,92 \frac{\text{KgNH}_3}{\text{día}} = 5,53 \frac{\text{KgH}_2\text{SO}_4\text{puro}}{\text{día}}$$

$$\frac{\text{CantidadH}_2\text{SO}_4}{\text{día}} = [\text{H}_2\text{SO}_4] \times \frac{\text{kgH}_2\text{SO}_4\text{puro}}{\text{día}}$$

$$\frac{\text{CantidadH}_2\text{SO}_4}{\text{día}} = \frac{100\text{gTotales}}{40\text{gH}_2\text{SO}_4\text{puro}} \times 5530 \frac{\text{gH}_2\text{SO}_4\text{puro}}{\text{día}} = 13,82 \frac{\text{kgH}_2\text{SO}_4}{\text{día}}$$

$$\text{VolumenH}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{kgH}_2\text{SO}_4/\text{día}}{\rho\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{13,82\text{kgH}_2\text{SO}_4/\text{día}}{1,3065 \text{Kg/L}} = 10,58 \frac{\text{LNaOCl}}{\text{día}}$$

$$\text{Dosificación mínima} = 10,58 \frac{\text{LH}_2\text{SO}_4}{\text{día}} \times \frac{1\text{día}}{24\text{h}} = 0,44 \frac{\text{LH}_2\text{SO}_4}{\text{h}}$$

### **3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DESODORIZACIÓN**

#### **3.1. Diámetro de la torre de absorción**

Se realiza el cálculo del diámetro de las torres de absorción para el punto de inundación. Este es el punto en que la fricción entre el gas y el líquido es lo suficientemente grande como para mantener el líquido en capa continua a lo largo de toda la torre. El punto de inundación representa la máxima carga de relleno que puede acomodarse, y es necesario tenerlo en cuenta en todos los cálculos sobre torres de absorción <sup>[10]</sup>.

La caída de presión a la cual aparece el punto de inundación disminuye cuanto mayor es el tamaño de la unidad de relleno, en este caso se realizan los cálculos suponiendo como relleno de la torre anillos Raschig de 50 mm de diámetro.

Al tener concentraciones bajas de NH<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>S la corriente de gas, y de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH y NaOCl las corrientes del líquido absorbente, se considera el gas como aire y el líquido como agua.

La relación entre la velocidad del líquido y la del gas en el punto de inundación se puede expresar de la siguiente manera:

$$\frac{G_L}{G_G} = \frac{(Q_L \times \rho_L) / S}{(Q_G \times \rho_G) / S}$$

Donde:

G<sub>L</sub> = velocidad del líquido en el punto de inundación (kg/h-m<sup>2</sup>)

G<sub>G</sub> = velocidad del gas en el punto de inundación (kg/h-m<sup>2</sup>)

Q<sub>L</sub> = caudal de líquido en la torre (m<sup>3</sup>/h)

Q<sub>G</sub> = caudal de gas en la torre (m<sup>3</sup>/h)

ρ<sub>L</sub> = densidad del líquido, del agua en este caso (kg/m<sup>3</sup>)

ρ<sub>G</sub> = densidad del gas, del aire en este caso (kg/m<sup>3</sup>)

S = sección de la torre (m<sup>2</sup>)

Los datos de partida son:

$$\rho_{\text{agua}} = 998 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{aire}} = 1,093 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{agua}} = 1 \text{ centipoise}$$

Es necesario calcular el caudal de líquido de absorción necesario para favorecer una buena humectación del relleno, se utiliza para ello la relación líquido a gas en la columna, que proporcionará dicho caudal de líquido en función del caudal de gas que llega a la torre:

$(L/g)$  = relación entre caudales mínimos de líquido y gas ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )

$L$  = caudal de líquido por unidad de superficie de relleno ( $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ )

Se consideran valores normales relaciones líquido a gas <sup>[11]</sup>:

$$(L/g) = 0,0125-0,001 \text{ (m}^3/\text{m}^3)$$

$$\text{Caudal de líquido} = 16000 \text{ (m}^3/\text{h}) \times 0,0022 \text{ (m}^3/\text{m}^3) = 35,2 \text{ (m}^3/\text{h})$$

$$\frac{G_L}{G_G} = \frac{(35,2 \times 998) / S}{(16000 \times 1,093) / S} = 2$$

Donde:

$$\left( \frac{G_L}{G_G} \right) \times \left( \frac{\rho_G}{\rho_L} \right)^{0,5} = 2 \times \left( \frac{1,093}{998} \right)^{0,5} = 0,0661$$

Utilizando este valor en abscisas en la gráfica siguiente se tiene un valor de ordenadas:

$$\left( \frac{G_G}{3600} \right)^2 \times \left( \frac{a_V}{F^3} \right) \times \left( \frac{\mu_L^{0,2}}{\rho_G \times \rho_L \times g} \right) = 0,18$$

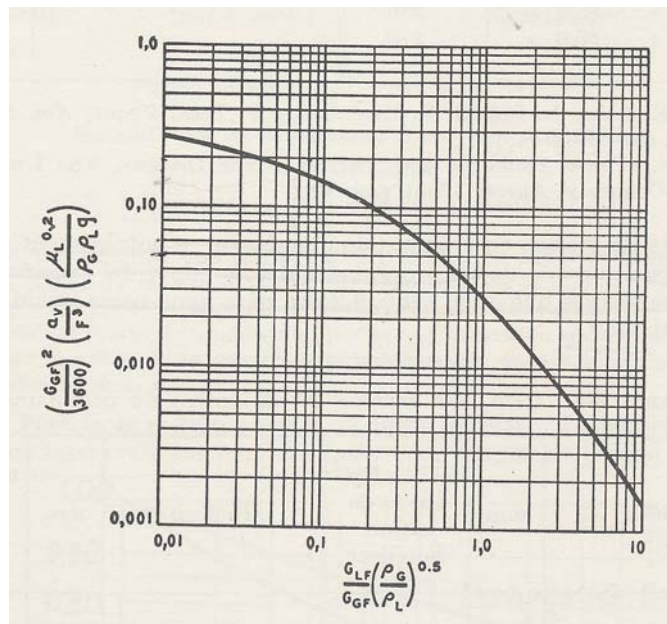


Figura 5. Correlación para condiciones de inundación en torres rellenas

Donde:

$a_v$  = superficie específica del relleno ( $m^2/m^3$  de espacio relleno)

$F$  = fracción en volumen de los huecos ( $m^3/m^3$  de espacio relleno)

$\mu_L$  = viscosidad del líquido (centipoises)

$g$  = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

Tabla 18. Valores de  $a_v/F^3$  para varios rellenos de torres

(Rellenos colocados al azar)

Tipo de relleno	Valor de $a_v/F^3$	Tipo de relleno	Valor de $a_v/F^3$
Anillos Raschig, 6 mm	7.640	Monturas de Berl 6 mm	13.860
» » 9,5 »	1.480	» » 12,5 »	1.480
» » 12,5 »	1.330	» » 25,0 »	390
» » 16,0 »	1.150	» » 38,0 »	260
» » 19,0 »	700	» Intalox 19,0 »	460
» » 25,0 »	565	» » 25,0 »	320
» » 31,0 »	305	» » 38,0 »	170
» » 38,0 »	330		
» » 50,0 »	220		

Sustituyendo:

$$\left(\frac{G_G}{3600}\right)^2 = 0,18 \times \left(\frac{F^3}{a_v}\right) \times \left(\frac{\rho_G \times \rho_L \times g}{\mu_L^{0,2}}\right) = 0,18 \times \left(\frac{1}{220}\right) \times \left(\frac{1,093 \times 998 \times 9,8}{1^{0,2}}\right) = 8,75$$

Despejando:

$$G_G = 3600 \times \sqrt{8,75} = 10652,15 \frac{\text{kg}}{\text{h} \times \text{m}^2}$$

Como:

$$G_G = \frac{Q_G \times \rho_G}{S}$$

$$S = \frac{Q_G \times \rho_G}{G_G} = \frac{16000 \times 1,093}{10652,15} = 1,64 \text{m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times 1,64} = 1,44 \text{m}$$

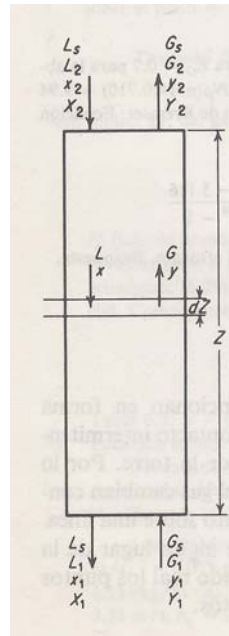
Como en la práctica una torre no puede operar en condiciones correspondientes al punto de inundación, este razonamiento da el diámetro mínimo de la torre. Prácticamente se consideran como seguras las velocidades próximas al 50% de las del punto de inundación, por lo que la sección recta real sería aproximadamente el doble de la calculada:

$$S = 3,28 \text{ m}^2 \qquad D = 2,04 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

### 3.2. Número de unidades de transferencia (NUT)

La altura de la torre de relleno depende de la velocidad de absorción, que depende a su vez de la velocidad de transferencia de materia entre la fase gas y la fase líquida.

Se realiza un balance de materia a un elemento de volumen de espesor diferencial de la columna de absorción como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 6. Balance de materia**

Si  $a$  es la superficie específica de relleno ( $m^2$  de superficie de transferencia/ $m^3$  de columna), la superficie total de transferencia en el volumen diferencial es:

$$a \times S \times dz$$

Donde  $S$  es la sección de la columna.

$N_A = K_x \times (x^e_A - x_A)$  es la densidad de flujo del componente que se absorbe para la altura  $z$ , por lo que la totalidad del componente absorbido por unidad de tiempo en este diferencial de volumen es:

$$N_A \times a \times S \times dz$$

Expresando  $N_A$  en función del coeficiente global de transferencia ( $K$ ) de materia se tiene:



$$K_x(x_A^e - x_A) \times a \times S \times dz$$

Donde  $x_A^e$  es la fracción molar del componente absorbido en la fase líquida en equilibrio con  $y_A$ , y  $x_A$  es la fracción molar del componente absorbido en el seno de la fase líquida.

Si se realiza un balance al soluto absorbido en el elemento diferencial:

$$\text{Soluto absorbido} = Lx_A + d(Lx_A) - Lx_A = d(Lx_A)$$

$$d(Lx_A) = K_x(x_A^e - x_A)aSdz$$

Teniendo en cuenta que  $L'=L(1-x_A)$  es el caudal de disolvente no volátil y que por tanto es constante a lo largo de toda la columna:

$$d(Lx_A) = L' \cdot d\left(\frac{x_A}{1-x_A}\right) = L' \frac{dx_A}{(1-x_A)^2}$$

Así pues:

$$L' \frac{dx_A}{(1-x_A)^2} = K_x(x_A^e - x_A) \times a \times S \times dZ$$

Separando variables e integrando:

$$Z = \frac{L'}{K_x a S} \int \frac{dx_A}{(x_A^e - x_A)(1-x_A)^2}$$

Se considera  $K_x a$  constante ya que en este caso se trata de disoluciones diluidas a las que se puede aplicar la ley de Henry. Al tratarse de disoluciones diluidas  $x_A \ll 1$  de forma que se puede despreciar el término  $(1-x_A)^2$  del denominador de la integral, quedando la expresión:

$$Z = \frac{L'}{K_x a S} \int \frac{dx_A}{(x_A^e - x_A)}$$

Análogamente se puede realizar este balance para la fase gas:

$$N_A = K_y \times (y_A - y_A^e)$$

Obteniéndose:

$$Z = \frac{G'}{K_y a S} \int \frac{dy_A}{(y_A - y_A^e)}$$

En la expresión anterior se tiene que:

$$\frac{G'}{K_y a S} = \text{AUT} \quad \text{Altura de la Unidad de Transferencia, y tiene unidades de longitud.}$$

$$\int \frac{dy_A}{(y_A - y_A^e)} = \text{NUT} \quad \text{Número de Unidades de Transferencia, y es adimensional.}$$

$$Z = \text{AUT} \times \text{NUT}$$

Como se considera que la reacción entre los compuestos a absorber y el líquido es instantánea, las consideraciones iniciales a tener en cuenta en el diseño son:

- Concentración del componente a absorber ( $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{NH}_3$ ) es cero en la interfase.
- Concentración del componente a absorber ( $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{NH}_3$ ) en equilibrio con la existente en la fase líquida es cero ( $y_A^e = 0$ ).

La ecuación de diseño para el cálculo del número de unidades de transferencia, teniendo en cuenta las consideraciones iniciales y resolviendo la integral, es:

$$\text{NUT} = Y_1 - Y_2 + \ln \frac{Y_1}{Y_2}$$

$$Y = \frac{y}{(1-y)}$$

Donde:

y = fracción molar del componente a absorber en la fase gas.

Y = razón molar del componente a absorber en la fase gas.

Los subíndices <sub>1</sub> y <sub>2</sub> hacen referencia a la entrada y salida respectivamente.

Se deberá distinguir dos casos, la absorción del NH<sub>3</sub> en la primera etapa y la absorción del H<sub>2</sub>S en la segunda etapa. En ambos casos se toma una base de cálculo de 100 mg de gases por m<sup>3</sup>.

Los datos iniciales de diseño son:

$$Q_g = 16000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$(N_{\text{H}_2\text{S}})_1 = 5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$$

$$(F_{\text{H}_2\text{S}})_1 = 2,35 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$(F_{\text{H}_2\text{S}})_2 = 2,6 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$(N_{\text{NH}_3})_1 = 5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$$

$$(F_{\text{NH}_3})_1 = 4,70 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$(F_{\text{NH}_3})_2 = 4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Para el caso del sulfuro de hidrógeno se tiene que entran 5 mg/Nm<sup>3</sup> de forma que al considerarse la base de cálculo de 100 mg/m<sup>3</sup> de gases entran en la columna 95 mg/m<sup>3</sup> de aire.

$$[\text{Aire}] = 0,095 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ mol Aire}}{28,96 \text{ g Aire}} \times 16000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 52,49 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Entran en la columna un total de 54,84 mol/h de gases (2,35 mol/h de H<sub>2</sub>S y 52,49 mol/h de aire).

$$y_{1(\text{H}_2\text{S})} = \frac{2,35 \text{ mol/h}}{54,84 \text{ mol/h}} = 0,0428$$

$$Y_{1(\text{H}_2\text{S})} = \frac{0,0428}{(1 - 0,0428)} = 0,0447$$

A la salida de la columna se tiene un total de 52,516 mol/h (52,49 mol/h de aire inerte y  $2,6 \cdot 10^{-2}$  mol/h de  $\text{H}_2\text{S}$  sin absorber).

$$y_{2(\text{H}_2\text{S})} = \frac{2,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol/h}}{52,516 \text{ mol/h}} = 4,95 \cdot 10^{-4}$$

$$Y_{2(\text{H}_2\text{S})} = \frac{4,95 \cdot 10^{-4}}{(1 - 4,95 \cdot 10^{-4})} = 4,95 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{NUT}_{(\text{H}_2\text{S})} = 0,0428 - 4,95 \cdot 10^{-4} + \ln \frac{0,0447}{4,95 \cdot 10^{-4}} = 4,548$$

Para el caso del amoniacó se tiene la misma concentración que para el sulfuro de hidrógeno, 5 mg/Nm<sup>3</sup>, de forma que al considerarse la base de cálculo de 100 mg/m<sup>3</sup> de gases entran en la columna el mismo caudal molar de aire.

$$[\text{Aire}] = 0,095 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ mol Aire}}{28,96 \text{ g Aire}} \times 16000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 52,49 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Entran en la columna un total de 57,19 mol/h de gases (4,70 mol/h de  $\text{NH}_3$  y 52,49 mol/h de aire).

$$y_{1(\text{NH}_3)} = \frac{4,70 \text{ mol/h}}{57,19 \text{ mol/h}} = 0,082$$

$$Y_{1(\text{NH}_3)} = \frac{0,082}{(1 - 0,082)} = 0,089$$

A la salida de la columna se tiene un total de 52,53 mol/h (52,49 mol/h de aire inerte y  $4 \cdot 10^{-2}$  mol/h de  $\text{NH}_3$  sin absorber).

$$y_{2(\text{NH}_3)} = \frac{4 \cdot 10^{-2} \text{ mol/h}}{52,53 \text{ mol/h}} = 7,61 \cdot 10^{-4}$$

$$Y_{2(\text{NH}_3)} = \frac{7,61 \cdot 10^{-4}}{(1 - 7,61 \cdot 10^{-4})} = 7,62 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{NUT}_{(\text{NH}_3)} = 0,089 - 7,62 \cdot 10^{-4} + \ln \frac{0,089}{7,62 \cdot 10^{-4}} = 4,84$$

Se observa que para el caso del amoníaco el NUT requerido es algo mayor que para el sulfuro de hidrógeno, no distanciándose mucho, por lo que para el diseño de las columnas se opta por dos columna similares, con el mayor NUT obtenido, 4,84, asegurando la correcta absorción de  $\text{NH}_3$  en la etapa 1 y de  $\text{H}_2\text{S}$  en la etapa 2.

### **3.3. Altura de la unidad de transferencia (AUT)**

La expresión por la que se calcula la altura de la unidad de transferencia, en función de la fase gaseosa, es la siguiente:

$$\frac{G'}{K_y a S} = \text{AUT}$$

Siendo:

$G'$  = caudal molar de inerte en la fase gaseosa (mol/h)

$K_y$  = coeficiente global de transferencia de materia para la fase gas (mol/m<sup>2</sup>h)

$a$  = área interfacial específica (m<sup>2</sup> superficie interfacial/m<sup>3</sup> de columna)

$S$  = sección de la columna (m<sup>2</sup>)

El caudal molar de inerte en la fase gaseosa ha sido calculado previamente como el caudal molar de aire que entra en la columna:

$$G' = 52,49 \text{ mol/h}$$

La sección de la columna se calcula a partir del diámetro calculado de 2 m:

$$S = 3,14 \text{ m}^2$$

El área interfacial específica para el relleno de anillos Raschig Metálicos de 50 mm se refleja en el ANEXO 3 con el valor de  $95 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , con un 92% de vacío.

El coeficiente global de transferencia de materia depende del tipo de relleno, siendo para anillos Raschig de  $0,4322 \text{ mol}/\text{h}\cdot\text{m}^2$  [10].

Sustituyendo:

$$\text{AUT} = \frac{52,49 \text{ mol}/\text{h}}{0,4322 \text{ mol}/\text{h}\cdot\text{m}^2 \times 95 \text{ m}^2/\text{m}^3 \times 3,14 \text{ m}^2} = 0,41 \text{ m}$$

### 3.4. Altura del lecho de relleno

La altura del lecho de relleno (Z) se obtiene de:

$$Z = \text{AUT} \times \text{NUT}$$

$$Z = 0,41 \times 4,84 = 1,97 \text{ m}$$

Se adopta una altura de 2 m para el lecho de relleno, asegurando la transferencia.

### 3.5. Volumen del lecho de relleno

$$V = Z \times \pi \times R^2$$

Donde R es el radio de la columna.

$$V = 2\text{m} \times \pi \times 1^2 \text{m}^2 = 6,28\text{m}^3$$

### 3.6. Pérdida de presión en el relleno

Según Coulson-Richarson la pérdida de carga en el lecho de la columna se puede calcular a partir de la siguiente relación:

$$\left( \text{Caida de presión} \right) \times \left( \text{Area Transversal} \right) = \left( \text{Volumen lecho} \right) \times \left( \text{Fracción sólidos} \right) \times \left( \text{Peso específico sólidos} \right)$$

$$\Delta P \times At = Z \times At \times (1 - \varepsilon) \times (\rho - \rho_g) \times \frac{g}{g_c}$$

Reordenando:

$$\frac{\Delta P}{Z} = (1 - \varepsilon) \times (\rho - \rho_g) \times \frac{g}{g_c}$$

Donde:

$\Delta P$  = pérdida de presión en el lecho (Pa)

$Z$  = altura del lecho (m)

$\varepsilon$  = porosidad del lecho

$\rho$  = densidad de los anillos Raschig ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_g$  = densidad del gas ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = constante de la gravedad ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

$g_c$  = constante correspondiente al sistema de medida que relaciona la unidad de masa y fuerza, 9,81 en el sistema técnico, 1 en los otros sistemas.

Los valores a sustituir en la expresión anterior son:

$$Z = 2 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 0,92 \text{ (\% vacío = 92, ANEXO 3)}$$

$$\rho = 590 \text{ kg/m}^3 \text{ (ANEXO 3)}$$

$$\rho_g = 1,093 \text{ kg/m}^3$$

$$g_c = 1$$

$$\frac{\Delta P}{2} = (1 - 0,92) \times (590 - 1,093) \times \frac{9,81}{1}$$

$$\Delta P = 924,35 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = 94,26 \text{ mmH}_2\text{O}$$

### **3.7. Separador de gotas**

El separador de gotas garantiza que no existan arrastres de líquido por parte del gas en su salida por la parte superior de la columna.

Para el diseño del separador de gotas el factor más importante a tener en cuenta es la velocidad de paso del gas a través de dicho separador. La velocidad de paso ( $v_p$ ) se define como el caudal de gas ( $Q$ ) entre área útil ( $A_u$ ):

$$v_p = \frac{Q}{A_u}$$

El área útil se considera el 90% del área total de paso ya que el resto se utiliza para soportes.

La velocidad de paso del gas a través del separador de gotas ha de estar entre 1 y 4 m/s (Munters), si es demasiado alta, ignora al separador y las gotas pasarán, y si es demasiado baja las gotas discurren tan despacio que en algunos casos pueden pasar sin contactar con el separador.



Se fija una velocidad de paso recomendada de 3,5 m/s, de forma que se puede calcular el área útil del separador:

$$\text{Caudal de gas} = 16000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A_u = \frac{Q}{v_p} = \frac{16000 \text{ m}^3/\text{h}}{3,5 \text{ m/s} \times 3600 \text{ s}/1\text{h}} = 1,269 \text{ m}^2$$

El área total para el montaje del separador será:

$$A = \frac{A_u}{0,90} = \frac{1,269 \text{ m}^2}{0,90} = 1,41 \text{ m}^2$$

El separador se monta sobre una estructura que consiste en un anillo circular (ya que la columna tiene sección circular) de 1,41 m<sup>2</sup> de área, de manera que el diámetro de dicha estructura circular resulta de 1,340 m. Con el fin de trabajar con valores normalizados se establece un diámetro de 1,3 m para esta estructura, que supone una variación de la velocidad de paso a:

$$v_p = \frac{Q}{A_u} = \frac{16000 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi \times 0,650^2 \times 0,9 \text{ m}^2 \times 3600 \text{ s}/1\text{h}} = 3,7 \text{ m/s}$$

El valor de velocidad de paso para un diámetro de 1,3 m se encuentra dentro del rango establecido (1-4), por lo que se acepta como válido.

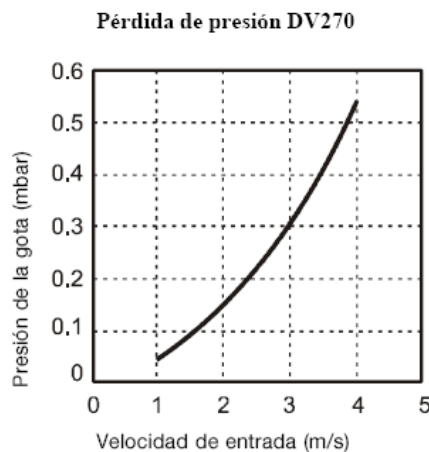
Para el sistema de gas-líquido utilizado, según consultas realizadas, se elige el modelo DV270 Munters Euroform (ANEXO 4), separador de gotas de flujo vertical, que para condiciones de trabajo de presión y temperatura ambiente se fabrica en polipropileno (PP). La estructura para el montaje consiste en un anillo circular de 1,3 m de diámetro y unos perfiles en T donde se apoyan los bloques de láminas, de dimensiones 1000x610x170mm, que realizan la separación.

Para el separador adoptado se incluye una reducción de sección de las conducciones, del separador, de diámetro 1300 mm, a una boca de salida de aire de DN 600, por lo que las tuberías de conducción de gas en el sistema de desodorización tendrán todas DN 600.

La altura total del separador, considerando la estructura de soporte y la reducción de sección conveniente de 2,0 m de diámetro de la torre a 1,3 m de diámetro del separador, es de 0,5 m.

El separador DV270 ofrece una resistencia al flujo de gas, dándose una pérdida de carga que se refleja en el gráfico siguiente. Para la velocidad de paso de 3,01 m/s corresponde una presión de gota de 0,3 mbar:

$$\Delta P = 0,3 \text{ mbar} \approx 30 \text{ Pa} \approx 3,06 \text{ mm H}_2\text{O}$$



**Figura 7. Pérdida de presión en DV270**

### **3.8. Altura de líquido en la columna**

Para la recirculación del líquido absorbente a la cabeza de la columna, es necesario tener un volumen de líquido en la base, de donde la bomba de recirculación aspira. Se fija una capacidad de líquido contenido en el fondo de 3 m<sup>3</sup>, como valor normal, la altura de líquido (L) en la columna es:

$$L = \frac{V}{\pi \times R^2} = \frac{3\text{m}^3}{\pi \times 1^2\text{m}^2} = 0,95\text{m}$$

Donde:

R = radio de la columna

Se adopta el valor de 1 m de altura líquido en el fondo de la columna, asegurando así que el líquido no llega a la entrada de gas.

$$L = 1 \text{ m}$$

### **3.9. Altura total de la columna**

La altura total de la columna será la suma de los distintos elementos que la componen, resultando:

Altura del líquido en fondo	1 m.
Altura del relleno	2 m.
Altura de entrada de gas	0,9 m.
Altura de entrada de líquido y carga del relleno	0,7 m.
Altura del separador	0,5 m.
ALTURA TOTAL DE LA COLUMNA	5,1 m.

### **3.10. Conducciones**

#### **3.10.1. Diámetro de la tubería de aspiración de líquido de recirculación**

Para la recirculación del líquido del fondo de la columna hacia la parte superior de esta es necesaria la instalación de bombas centrífugas que realicen dicha acción. Como se calculó en el apartado 3.1. de este capítulo las bombas de recirculación de líquido deben suministrar un caudal de 35,2 m<sup>3</sup>/h.

El criterio seguido para obtener el diámetro de la tubería de aspiración consiste en la recomendación por la que se establece que la velocidad óptima en la tubería de aspiración está comprendida entre 0,5 y 1,5 m/s. Se supondrá, por tanto, como velocidad óptima la media de este intervalo recomendado, es decir, 1 m/s, de forma que el cálculo del diámetro es el siguiente:

$$Q = v \times A$$

$$A = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

Siendo:

Q = caudal volumétrico de líquido (m<sup>3</sup>/h)

A = sección transversal de la tubería (m<sup>2</sup>)

v = velocidad del líquido en la tubería (m/s)

D = diámetro de la tubería (m)

Atendiendo a la expresión anterior:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 35,2 \times \frac{1h}{3600s}}{\pi \times 1}} = 0,111m$$

La elección del diámetro nominal se realiza siguiendo catálogos para conducciones de PVC a presión nominal de 10 atmósferas reflejado en el ANEXO 5 según UNE-EN 1452-2, se observa que la tubería que corresponde a las condiciones establecidas es de 110 mm de diámetro exterior, con 4,2 mm de espesor.

### **3.10.2. Velocidad del fluido en la tubería de aspiración de líquido de recirculación**

Según el diámetro nominal elegido para la tubería de aspiración se calcula la velocidad real del fluido por dicha tubería:

$$v = \frac{Q}{A}$$
$$v = \frac{35,2 / 3600}{\pi \times \frac{(0,110 - 0,0042)^2}{4}} = 1,11 \text{ m/s}$$

La velocidad en la tubería de aspiración se encuentra dentro del rango aconsejado de velocidades.

### **3.10.3. Diámetro de la tubería de impulsión de líquido de recirculación**

Se realiza siguiendo un criterio análogo al utilizado para la tubería de impulsión. Se recomienda que la velocidad del fluido por esta tubería esté comprendida entre 7 y 10 ft/s, es decir, entre 2,13 y 3,04 m/s. Tomando un valor intermedio de velocidad óptima de 2,5 m/s se tiene un diámetro de:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 35,2 \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}}{\pi \times 2,5}} = 0,07 \text{ m}$$

Según catalogo se adopta como diámetro de la tubería de impulsión aquella con diámetro exterior 75 mm y espesor 3,6 mm.

### **3.10.4. Velocidad del fluido en la tubería de impulsión de líquido de recirculación**

Según el diámetro nominal elegido para la tubería de impulsión se calcula la velocidad real del fluido por dicha tubería:

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{35,2 / 3600}{\pi \times \frac{(0,075 - 0,0036)^2}{4}} = 2,44 \text{ m/s}$$

La velocidad en la tubería de impulsión se encuentra dentro del rango aconsejado de velocidades.

### 3.10.5. Diámetro de la tubería de dosificación de reactivo

Para el aporte de reactivos se supone un caudal máximo de 20 L/h por cada una de las tuberías de dosificación, ya que según cálculos del apartado 2 la dosificación mínima de reactivos es bastante inferior a 20 L/h por lo que se asegura el abastecimiento de reactivo. Se considera, a efectos de cálculo, la tubería de dosificación de reactivo como una tubería de impulsión, por lo que se adopta una velocidad óptima de flujo de 2,5 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 20 \frac{l}{h} \times \frac{1m^3}{1000l} \times \frac{1h}{3600s}}{\pi \times 2,5}} = 1,68 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Se toma para las tuberías de dosificación de reactivo un diámetro de 25 mm.

## 3.11. Selección de Bombas

### 3.11.1. Bombas de recirculación

Las bombas encargadas de recircular el líquido a la zona superior de la columna serán bombas centrífugas.

Para la selección de estas bombas se utiliza la razón gas-líquido calculada en el apartado 3.1. de este capítulo, de donde se obtiene que el caudal de líquido a impulsar por la bomba de recirculación es de 35,2 m<sup>3</sup>/h.

Otro parámetro a considerar en la elección de la bomba es la altura útil que debe suministrar para compensar las pérdidas de carga que se producen en la tubería de PVC y los accesorios (codos, válvulas,...), además de transmitir una presión suficiente para la pulverización del líquido en la parte superior de la columna. Para el cálculo de la altura útil se aplica la ecuación de Bernoulli entre los puntos de aspiración y descarga, teniendo en cuenta que las presiones en ambos puntos son iguales, y que la velocidad en el punto de succión es nula. Para esta aplicación, las bombas de recirculación deberán suministrar una altura útil de unos 18 m.c.l., considerando la diferencia de altura entre el punto de succión e impulsión de 6 metros y las pérdidas de carga producidas en la tubería y accesorios.

La potencia necesaria de la bomba se obtiene a partir de:

$$W_{\text{teórica}} = Q \times \rho \times g \times H_{\text{útil}}$$

Donde:

W = potencia teórica necesaria (W)

Q = caudal a impulsar por la bomba (m<sup>3</sup>/s)

$\rho$  = densidad del fluido, se considera la del agua por tener bajas concentraciones (kg/m<sup>3</sup>)

g = aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

H<sub>útil</sub> = altura útil (m)

La potencia teórica necesaria será:

$$W_{\text{teórica}} = 35,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 18\text{m}$$
$$W_{\text{teórica}} = 1,73\text{KW}$$

Considerando un rendimiento en el funcionamiento de la bomba del 60%, se tendrá que la potencia real necesaria que debe tener la bomba es de:

$$W_{\text{real}} = \frac{1,73\text{KW}}{0,60} = 2,87\text{KW}$$

La bomba estará colocada en la misma horizontal que el depósito del cual aspira, por lo que no hará falta considerar la altura neta de succión positiva (NPSH), que es la presión mínima por debajo de la cual se produce cavitación de la bomba. Esto es así por que al estar la bomba colocada a la misma altura que el depósito, dicha bomba estará por debajo de la altura máxima permitida donde comenzaría a producirse cavitación.

Se selecciona la bomba centrífuga mediante catálogo, teniendo en cuenta el caudal y la altura a suministrar, de manera que el rendimiento sea máximo y se evite la cavitación de la bomba.

Según el catálogo INBEAT se muestra el siguiente gráfico para la selección de bombas centrífugas:

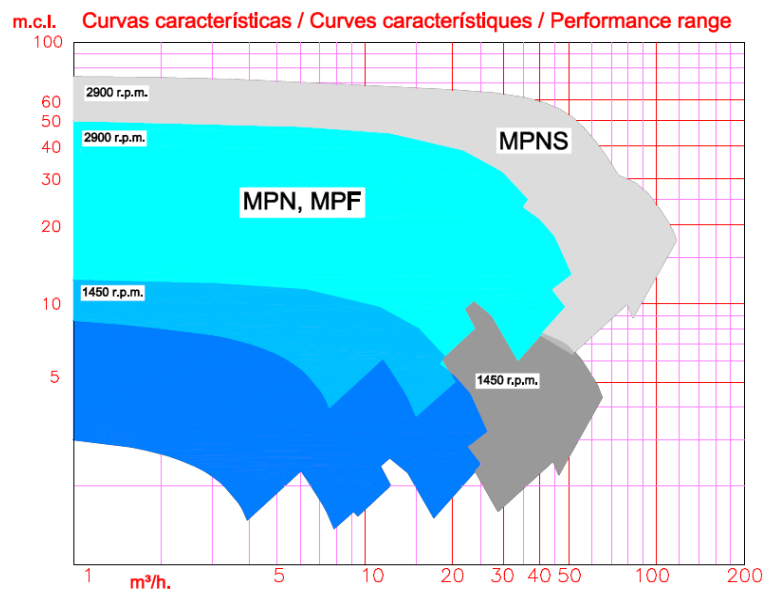


Figura 8. Curvas características de las bombas centrífugas

Se considera adecuada para estas condiciones la bomba centrífuga horizontal monobloc de marca INBEAT, serie MPN con parte hidráulica en polipropileno y un motor de 2900 r.p.m. y 5,5 KW de potencia (ANEXO 6), según Norma ATEX.

Se adopta una bomba centrífuga de estas características para cada columna de absorción.



### **3.11.2. Bombas dosificadoras**

La selección de las bombas dosificadoras se realiza mediante catálogo, teniendo en cuenta el rango de caudales a suministrar, considerando la dosificación mínima calculada en los apartados 2.3., 2.4. y 2.5., y la resistencia del material de la bomba al reactivo.

Se consideran válidas para las condiciones de dosificación del sistema 3 bombas dosificadoras DOSAPRO tipo membrana, presión máxima 10 bar, con un motor 220/380 trifásico de 60 W de potencia y 3000 r.p.m.

Para la dosificación de Sulfúrico esta bomba dosificará un caudal máximo de 22 L/h, con cuerpo dosificador de PVDF (Polifluoruro de vinidileno) y membrana de PTFE (Politetrafluoroetileno).

Para la dosificación de Hidróxido sódico e Hipoclorito sódico las bombas dosificarán un caudal máximo de 22 L/h, con cuerpo dosificador de PP y membrana de PTFE.

### **3.12. Ventilador**

La potencia necesaria del ventilador se puede calcular según la pérdida de carga que se produce en todo el sistema de desodorización.

La pérdida de carga en el sistema de desodorización incluye:

- Pérdida de carga en el lecho, calculada en el apartado 3.6. de 94,26 mm c.d.a. por cada lecho, resulta 188,52 mm c.d.a. para los dos lechos del sistema.

- Pérdida de carga del separador de gotas, calculada en el apartado 3.7. de 3,06 mm c.d.a., resulta 6,12 mm c.d.a. para los dos separadores de gotas diseñados.

- Pérdida de carga en conducciones y accesorios, se calcula a partir de la pérdida de carga por metro de longitud de conducto que para conducciones de 600 mm y 16000 m<sup>3</sup>/h según ANEXO 7 es de 0,28 mm c.d.a./m de conducto. Para los accesorios se calcula la pérdida de carga en función de la longitud equivalente en metros de conducción según ANEXO 7, estos accesorios son:

**Tabla 19. Longitudes equivalentes accesorios**

Accesorio	Nº unidades	Long. Equiv. unitaria (m)	Long. Equiv. Total (m)
Cambio de sección	2	1,8	3,6
Codo 90º (r=1,5d)	3	7,2	21,6

Se tienen aproximadamente 8 metros de tubería recta para conducción del aire, más la longitud equivalente total de los accesorios resultan 29,4 metros de conducción, que multiplicado por la pérdida de carga por metro de conducción (0,28 mm c.d.a./m) se obtiene una pérdida de carga en conducciones y accesorios del sistema de desodorización de 9,296 mm c.d.a.

La suma de las pérdidas de carga anteriormente expuestas da un total de 203,936 mm c.d.a., pero a fin de asegurar la impulsión de los gases por todo el sistema de absorción se calcula la potencia del ventilador para una pérdida de carga total de 220 mm H<sub>2</sub>O.

La selección de la potencia real del ventilador, la velocidad del rodete y la velocidad del motor se realiza mediante catálogo de la empresa EUROP-PLAST teniendo en cuenta el caudal volumétrico de gas a suministrar y la pérdida de carga total:

$$\Delta P_{total} = 220 \text{ mm H}_2\text{O} = 2157,46 \text{ Pa}$$

$$Q_v = 16000 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se toma el catálogo EUROP-PLAST para el modelo centrífugo VCP HP 450 (ANEXO 7) puesto que sus curvas características son las que mejor se ajustan a los datos de diseño. A partir de la figura 9 se pueden obtener las características del ventilador:

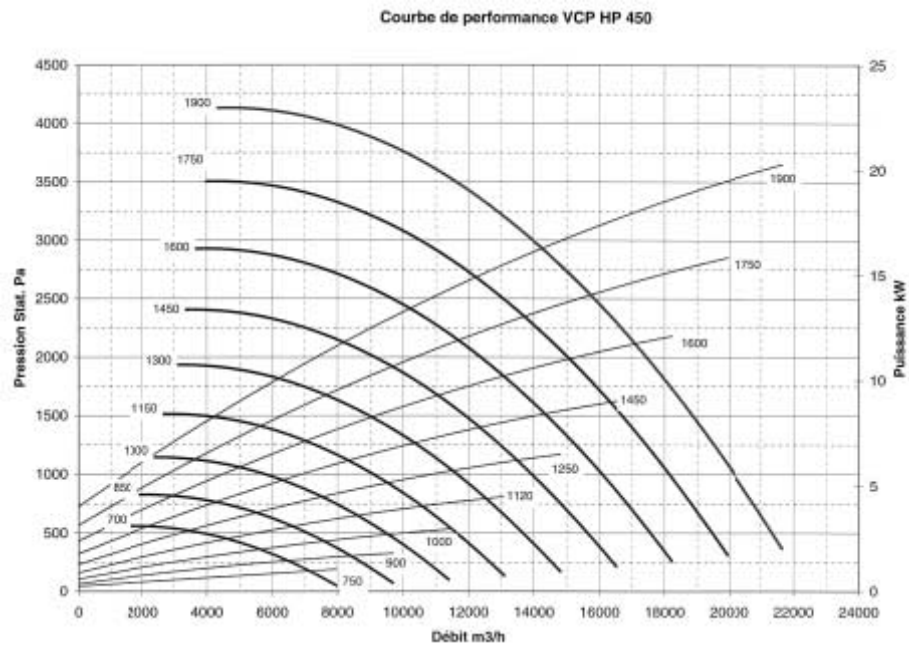


Figura 9. Curva característica del ventilador

Se observa que para las condiciones de diseño establecidas se debe instalar un ventilador de 11,25 KW de potencia real, con una velocidad de rodete de 1800 r.p.m. y 1500 r.p.m. en el motor.

Se supone un rendimiento del ventilador del 75%, de forma que la potencia instalada deberá ser algo superior a la potencia real:

$$\text{Pot.Instalada} = \frac{\text{Pot.Real}}{\eta} = \frac{11,25\text{KW}}{0,75} = 15\text{KW}$$

## **ANEXO 2:**

### **CÁLCULOS TABULADOS**

**DIMENSIONAMIENTO DEL CANAL DE ENTRADA**

Ancho(m)	Altura Lamina Agua(m)	Superficie(m2)	Perimetro mojado(m)	Rh2/3(m)	v(m/s)	Q(m3/s)	Q(m3/h)
0,3	0,3	0,09	0,9	0,21544	1,08815	0,09793	352,56184
0,3	0,35	0,105	1	0,22257	1,12413	0,11803	424,92110
0,3	0,4	0,12	1,1	0,22831	1,15314	0,13638	498,15721
0,3	0,45	0,135	1,2	0,23304	1,17704	0,15890	572,04244
0,3	0,5	0,15	1,3	0,23701	1,19708	0,17956	646,42180
0,3	0,55	0,165	1,4	0,24038	1,21412	0,20033	721,18610
0,3	0,6	0,18	1,5	0,24329	1,22879	0,22118	796,25616
0,3	0,65	0,195	1,6	0,24582	1,24156	0,24210	871,57313
0,3	0,7	0,21	1,7	0,24804	1,25277	0,26308	947,09238
0,3	0,75	0,225	1,8	0,25000	1,26269	0,28411	1022,77945
0,3	0,8	0,24	1,9	0,25175	1,27154	0,30517	1098,60727
0,3	0,85	0,255	2	0,25332	1,27947	0,32627	1174,55431
0,3	0,9	0,27	2,1	0,25474	1,28663	0,34739	1250,60323
0,3	0,95	0,285	2,2	0,25602	1,29312	0,36854	1326,73987
0,3	1	0,3	2,3	0,25719	1,29903	0,38971	1402,95261
0,4	0,3	0,12	1	0,24329	1,22879	0,14745	530,83744
0,4	0,364	0,1456	1,128	0,25541	1,29001	0,18782	676,16968
0,4	0,4	0,16	1,2	0,26099	1,31820	0,21091	759,28579
0,4	0,45	0,18	1,3	0,26764	1,35179	0,24332	875,96094
0,4	0,5	0,2	1,4	0,27328	1,38025	0,27605	993,78118
0,4	0,55	0,22	1,5	0,27811	1,40468	0,30903	1112,50788
0,4	0,6	0,24	1,6	0,28231	1,42588	0,34221	1231,96456
0,4	0,65	0,26	1,7	0,28599	1,44446	0,37556	1352,01787
0,4	0,7	0,28	1,8	0,28924	1,46088	0,40905	1472,56514
0,4	0,75	0,3	1,9	0,29213	1,47549	0,44265	1593,52601
0,4	0,8	0,32	2	0,29472	1,48857	0,47634	1714,83669
0,4	0,85	0,34	2,1	0,29706	1,50036	0,51012	1836,44587
0,4	0,9	0,36	2,2	0,29917	1,51104	0,54398	1958,31183
0,4	0,95	0,38	2,3	0,30110	1,52076	0,57789	2080,40028
0,4	1	0,4	2,4	0,30285	1,52964	0,61186	2202,68279
0,5	0,3	0,15	1,1	0,26493	1,33810	0,20072	722,57530
0,5	0,35	0,175	1,2	0,27706	1,39936	0,24489	881,59419
0,5	0,4	0,2	1,3	0,28712	1,45016	0,29003	1044,11233
0,5	0,45	0,225	1,4	0,29560	1,49300	0,33593	1209,33041
0,5	0,5	0,25	1,5	0,30285	1,52964	0,38241	1376,67674
0,5	0,55	0,275	1,6	0,30913	1,56134	0,42937	1545,73118
0,5	0,6	0,3	1,7	0,31462	1,58905	0,47672	1716,17779
0,5	0,65	0,325	1,8	0,31945	1,61348	0,52438	1887,77428
0,5	0,7	0,35	1,9	0,32375	1,63518	0,57231	2060,33168
0,5	0,75	0,375	2	0,32759	1,65459	0,62047	2233,70037
0,5	0,8	0,4	2,1	0,33105	1,67206	0,66882	2407,76034
0,5	0,85	0,425	2,2	0,33418	1,68785	0,71734	2582,41417
0,5	0,9	0,45	2,3	0,33702	1,70221	0,76599	2757,58198
0,5	0,95	0,475	2,4	0,33962	1,71532	0,81478	2933,19761
0,5	1	0,5	2,5	0,34200	1,72734	0,86367	3109,20580
0,6	0,3	0,18	1,2	0,28231	1,42588	0,25666	923,97342
0,6	0,35	0,21	1,3	0,29661	1,49810	0,31460	1132,56392
0,6	0,4	0,24	1,4	0,30859	1,55864	0,37407	1346,66481
0,6	0,45	0,27	1,5	0,31880	1,61017	0,43475	1565,08610
0,6	0,5	0,3	1,6	0,32759	1,65459	0,49638	1786,96030
0,6	0,55	0,33	1,7	0,33526	1,69330	0,55879	2011,63918
0,6	0,6	0,36	1,8	0,34200	1,72734	0,62184	2238,62817
0,6	0,65	0,39	1,9	0,34797	1,75751	0,68543	2467,54309
0,6	0,7	0,42	2	0,35330	1,78444	0,74947	2698,08082
0,6	0,75	0,45	2,1	0,35809	1,80864	0,81389	2929,99892
0,6	0,8	0,48	2,2	0,36242	1,83050	0,87864	3163,10112
0,6	0,85	0,51	2,3	0,36635	1,85034	0,94367	3397,22676
0,6	0,9	0,54	2,4	0,36993	1,86844	1,00896	3632,24309
0,6	0,95	0,57	2,5	0,37321	1,88501	1,07446	3868,03939
0,6	1	0,6	2,6	0,37623	1,90024	1,14015	4104,52261
0,7	0,3	0,21	1,3	0,29661	1,49810	0,31460	1132,56392
0,7	0,35	0,245	1,4	0,31287	1,58021	0,38715	1393,74798
0,7	0,4	0,28	1,5	0,32662	1,64969	0,46191	1662,88423
0,7	0,45	0,315	1,6	0,33842	1,70930	0,53843	1938,34198
0,7	0,5	0,35	1,7	0,34867	1,76104	0,61636	2218,91293
0,7	0,55	0,385	1,8	0,35765	1,80641	0,69547	2503,68111
0,7	0,6	0,42	1,9	0,36559	1,84652	0,77554	2791,93873
0,7	0,65	0,455	2	0,37267	1,88225	0,85642	3083,12972
0,7	0,7	0,49	2,1	0,37901	1,91429	0,93800	3376,81087
0,7	0,75	0,525	2,2	0,38473	1,94319	1,02017	3672,62443
0,7	0,8	0,56	2,3	0,38992	1,96938	1,10286	3970,27834
0,7	0,85	0,595	2,4	0,39464	1,99325	1,18598	4269,53176
0,7	0,9	0,63	2,5	0,39896	2,01507	1,26950	4570,18426
0,7	0,95	0,665	2,6	0,40293	2,03512	1,35335	4872,06766
0,7	1	0,7	2,7	0,40659	2,05359	1,43751	5175,03976

## **ANEXO 3:**

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS RELLENOS**

Name	Material	Nominal size		Wall thickness, mm	Bed weight, kg/m <sup>3</sup>	Area, m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	% voids	Packing factor Fp, m <sup>-1</sup>	Dry packing factor Fpd, m <sup>-1</sup>	Vendor
		mm	Number							
Raschig rings	C	6	—	1.6	960	710	62	—	5250	Various
		13	—	2.4	880	370	64	1900	1705	
		25	—	3.2	670	190	74	587	492	
		50	—	6.4	660	92	74	213	230	
		75	—	9.5	590	62	75	121	—	
Raschig rings	M	19	—	1.6	1500	245	80	984	—	Various
		25	—	1.6	1140	185	86	472	492	
		50	—	1.6	590	95	92	187	223	
		75	—	1.6	400	66	95	105	—	
Pall rings	M	16	—	0.40	—	—	92	256	262	Norton, Koch, Glitsch
		25	—	0.51	480	205	94	183	174	
		38	—	0.64	415	130	95	131	91	
		50	—	0.81	385	115	96	89	79	
		90	—	—	270	92	97	59	46	
Cascade mini rings (CMR)	M	—	1	—	389	250	96	131	102	Glitsch
		—	1.5	—	234	144	97	95	—	
		—	2.5	—	195	123	98	72	79	
	—	3	—	58	103	98	46	43		
	P	—	1A	—	71	185	94	98	92	
		—	3A	—	40	74	96	39	33	
Berl saddles	C	6	—	—	900	900	60	—	2950	Koch
		13	—	—	965	465	62	790	900	
		25	—	—	720	250	68	360	308	
		38	—	—	640	150	71	215	154	
		50	—	—	625	105	72	150	102	
Intalox saddles	C	6	—	—	964	984	65	302	2720	Norton
		13	—	—	736	623	71	—	613	
		25	—	—	672	256	73	302	208	
		50	—	—	608	118	76	131	121	
		75	—	—	576	92	79	72	66	
Fleximax	M	—	300	—	—	141	98	85	—	Koch
		—	400	—	—	85	98	56	—	
Metal Intalox (IMTP)	M	25	—	—	352	230	97	134	141	Norton
		40	—	—	237	154	97	79	85	
		50	—	—	150	98	98	59	56	
		70	—	—	130	56	98	39	—	
Nutter rings	M	—	1	0.30	178	168	98	98	89	Nutter
		—	2	0.45	173	96	98	59	56	
		—	2.5	0.45	145	83	66	52	49	
		—	3.0	0.50	133	66	98	43	36	
Pall rings	P	25	—	—	80	206	90	180	180	Norton
		50	—	—	61	102	92	85	82	
		90	—	—	53	85	92	56	39	
	C	25	—	—	—	—	—	351	—	
		38	—	—	—	—	—	180	—	
50	—	—	—	—	—	141	—			
Intalox saddles	P	—	1	—	96	207	90	131	131	Norton
		—	2	—	56	108	93	92	85	
Snowflake	P	—	—	—	45	92	95	43	—	Norton
Nor-Pac	P	25	1	—	72	180	92	82	—	NSW
		38	1.5	—	61	144	93	56	—	
		50	2.0	—	53	102	94	39	—	
Tri-Pack	P	25	1	—	72	180	92	82	—	Jaeger
		50	2	—	53	102	94	39	—	
VSP	M	25	1	—	352	206	98	105	—	Jaeger
		50	2	—	296	112	96	69	—	
Tellerettes	P	25	1	—	112	180	87	—	—	Cellcoote
		50	2	—	59	125	93	—	—	

## **ANEXO 4:**

### **SEPARADOR DE GOTAS**



## DV270

### Separador de gotas de flujo vertical



#### CARACTERÍSTICAS

### DV270

- Gran eficacia de separación de gotas
- Pérdida de presión muy pequeña lo que conlleva menores costes de funcionamiento
- Optimización de procesos químicos y/o petroquímicos por la eliminación de líquidos no deseables
- Evita la contaminación con condensados en los evaporadores
- Recuperación de gotas de líquido valioso en procesos de reciclado
- Evita procesos de corrosión y erosión de tomas de aire exterior para motores diesel, turbinas de gas y estaciones de compresores

El DV270 es un separador de gotas de flujo vertical desarrollado para sistemas de depuración de gases. En muchas aplicaciones químicas y petroquímicas los gases procesados transportan diferentes gotas. Estas pueden ser originadas por condensación, es decir, procesos de enfriamiento o generadas por la inyección de líquido en procesos de absorción, depuración de gases o arrastre en procesos de evaporación.

Para eliminar las pequeñísimas gotas inherentes a estos procesos, el separador de gotas DV270 tiene máxima importancia. Ello ayudará a:

- Optimizar los procesos químicos y/o petroquímicos por la eliminación de líquidos no deseables (por ejemplo, en procesos de síntesis del gas)
- Evitar la contaminación con condensados en los evaporadores

- Recuperar gotas de líquido valioso en procesos de reciclado
- Restringir las emisiones de procesos de control de contaminación como desulfuración o depuración de gases
- Evitar procesos de corrosión y erosión en tomas de aire exterior para motores diesel, turbinas de gas y estaciones de compresores.

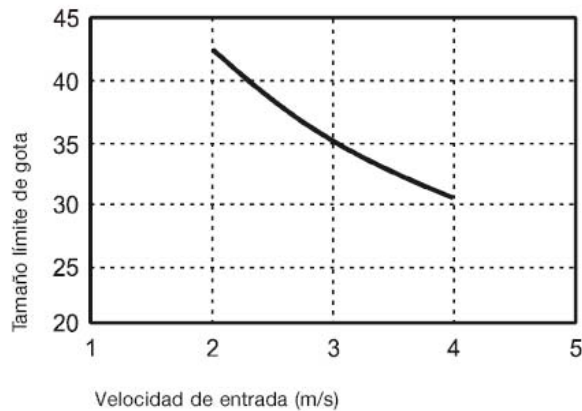
El separador de gotas DV270 está disponible en una amplia gama de materiales plásticos como polipropileno, PVDF, Ultem y GFK así como materiales metálicos como aluminio y acero inoxidable.

Las áreas de aplicación son numerosas desde la industria azucarera y papelera hasta la química y petroquímica.

### Tamaño límite de gota

El tamaño límite de gota de un separador de gotas se representa por un valor concreto. A una velocidad indicada, el tamaño límite de gota está, teóricamente, separado en un 100%.

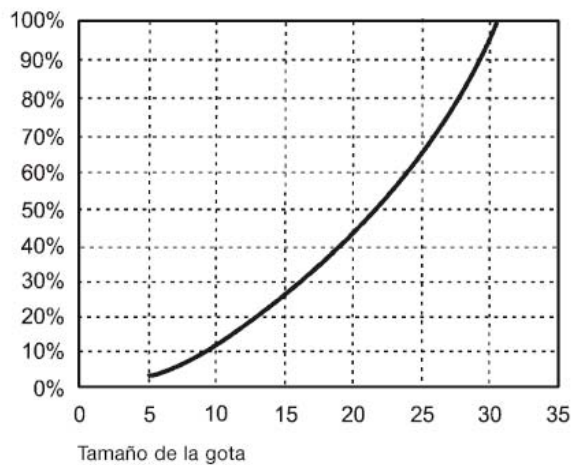
Tamaño límite de gota del DV270



### Eficacia parcial

La eficacia parcial indica la proporción de gotas eliminadas más pequeñas que el tamaño límite de gota.

Eficacia parcial del DV270 a 4m/s



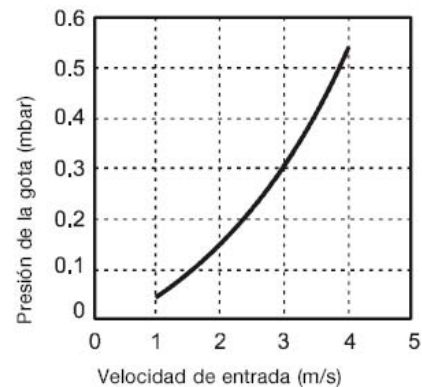
### Velocidad de flujo admisible

La velocidad de flujo admisible especifica el rango de velocidad en la cual el separador de gotas puede operar con plena eficacia. Velocidades por encima o por debajo de este rango provocarán un deterioro en el funcionamiento.

### Pérdida de presión

La pérdida de presión de un separador de gotas debería de ser lo más pequeña posible para asegurar costes de operaciones favorables.

Pérdida de presión DV270



### Eficacia de separación

La eficacia de separación indica la cantidad de líquido que elimina el separador de gotas del flujo del gas. Habitualmente, se especifica un máximo de carga en la entrada y un nivel garantizado de contenido de líquido residual tras el separador.



## **ANEXO 5:**

### **CONDUCCIONES PVC**

**CATÁLOGO TUBORAMA, BAEZA S.A.**

FAMILIA 0101

**TUBERÍAS P.V.C. SERIE PRESIÓN**

ATENCIÓN: PRECIOS SUJETOS A MODIFICACIÓN SIN PREVIO AVISO

<b>10 ATM</b>				<b>TUBERÍA P.V.C. - PRESIÓN - UNE 1452-2 AENOR</b>				<b>10 ATM</b>				
<b>UNIÓN POR ENCOLADO</b>				<b>10 ATMOS.</b>				<b>UNIÓN JUNTA ELÁSTICA</b>				
Espesor	Código	Long. tubo	Euros/m	Diam. Ext.	Espesor	Código	Long. tubo	Euros/m				
1,6 mm	0101060	5 mts.	1,02	32	-	-	-	-				
1,9 mm	0101062	5 mts.	1,25	40	-	-	-	-				
2,4 mm	0101064	5 mts.	1,55	50	-	-	-	-				
3,0 mm	0101066	6 mts.	2,40	63	3,0 mm	0101221	6 mts.	2,55				
3,6 mm	0101068	6 mts.	3,40	75	3,6 mm	0101222	6 mts.	3,55				
4,3 mm	0101070	6 mts.	4,85	90	4,3 mm	0101223	6 mts.	5,05				
4,2 mm	0101072	6 mts.	5,92	110	4,2 mm	0101224	6 mts.	6,15				
4,8 mm	0101074	6 mts.	7,60	125	4,8 mm	0101225	6 mts.	7,97				
5,4 mm	0101076	6 mts.	9,55	140	5,4 mm	0101226	6 mts.	9,95				
6,2 mm	0101078	6 mts.	12,55	160	6,2 mm	0101227	6 mts.	12,95				
6,9 mm	0101079	6 mts.	15,80	180	6,9 mm	0101019	6 mts.	16,45				
7,7 mm	0101080	6 mts.	19,04	200	7,7 mm	0101228	6 mts.	20,25				
9,6 mm	0101082	6 mts.	30,25	250	9,6 mm	0101229	6 mts.	31,55				
12,1 mm	0101084	6 mts.	Consultar	315	12,1 mm	0101230	6 mts.	Consultar				
15,3 mm	0101085	6 mts.	Consultar	400	15,3 mm	0101231	6 mts.	Consultar				
19,1 mm	0101015	6 mts.	Consultar	500	19,1 mm	0101021	6 mts.	Consultar				
24,1 mm	32389	6 mts.	Consultar	630	24,1 mm	32391	6 mts.	Consultar				

## **ANEXO 6:**

### **EQUIPOS DE BOMBEO**

## 1. BOMBAS DE RECIRCULACIÓN

### BOMBAS MONOBLOC | SERIE MPN

Bombas centrífugas monobloc. Construidas en material **plástico**.

Bombas en versión monobloc, pero conservando la característica de las bombas de proceso que permite el desmontaje sin necesidad de variar su emplazamiento.

Construcción bajo demanda según Norma **ATEX**.

#### **Materiales**

Todas las partes en contacto con el líquido son en materiales anticorrosivos como el PP, PEH, PVC, PVDF y PTFE

#### **Características**

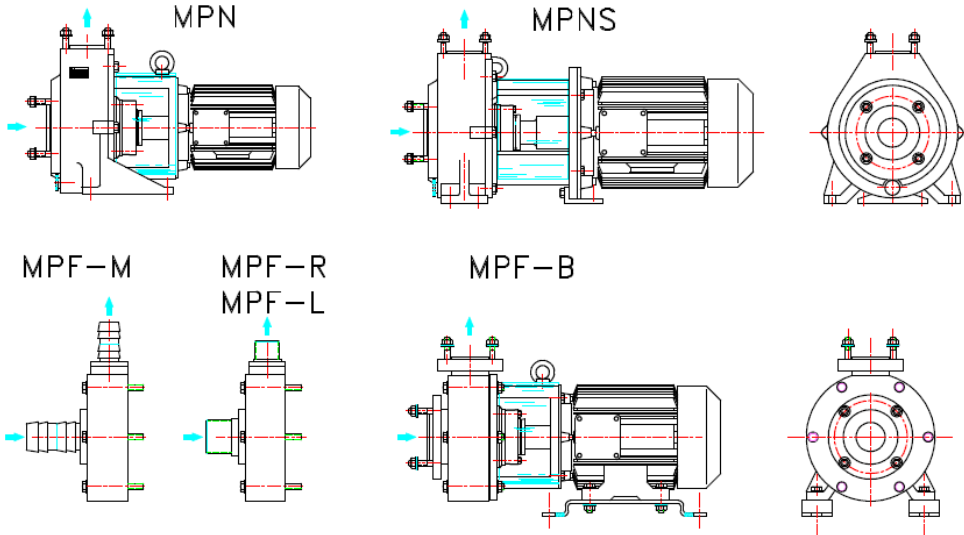
Caudales hasta **50 m<sup>3</sup>/h**.

Alturas de impulsión hasta **50 m.c.l.**

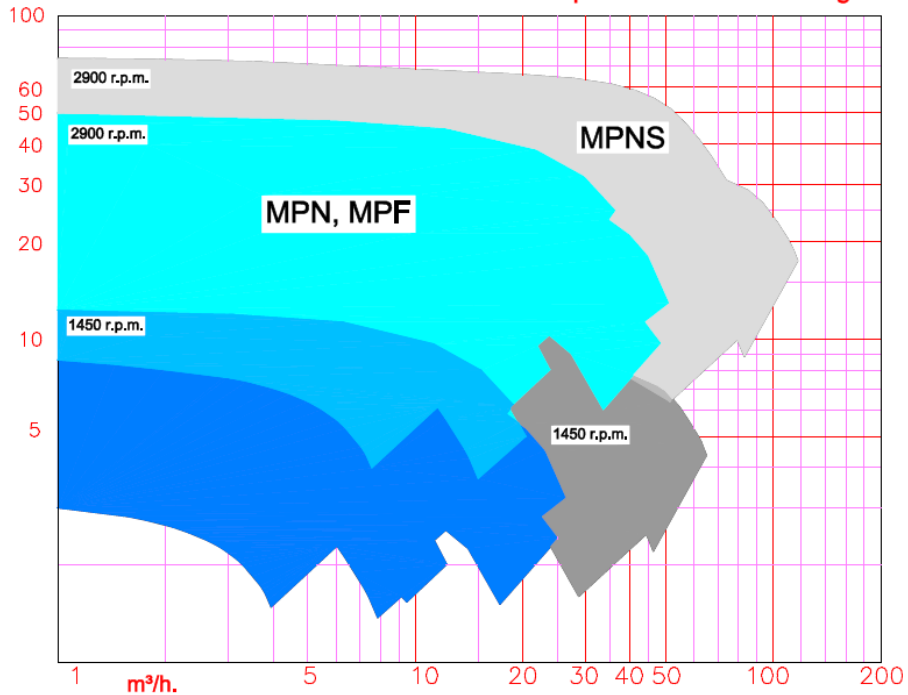


BOMBAS de PLÁSTICO  
BOMBES de PLÀSTIC  
PLASTIC PUMPS

# MONOBLOC



m.c.i. **Curvas características / Curves caractéristiques / Performance range**



[www.inbeat.es](http://www.inbeat.es)



## 2. BOMBAS DOSIFICADORAS

# Bomba dosificadora serie G™ A

Caudal hasta 170 l/h • Presión hasta 12 bar

- Membrana de accionamiento mecánico • Reglaje de la carrera por excéntrica variable



### Principales características técnicas

- Caudal hasta 170 l/h
- Presión hasta 12 bar
- Membrana en PTFE de accionamiento mecánico
- Reglaje de la carrera por excéntrica variable, asegurando un caudal débilmente pulsado (sin choques hidráulicos)
- Temperatura máxima de los fluidos a bombear : 40 °C
- Regulación del caudal nominal del 0 al 100%, tanto en marcha como parada
- Precisión del caudal regulado : ± 2% dentro del campo de regulación del 10 al 100%
- Altura de aspiración máxima : 4 m CA. 2.5 m de altura de aspiración máxima desde GA 90 y hasta modelo GA 170
- Opción de aspiración en vacío : 9 m CA (consúltenos)
- Presión máxima de aspiración : 2 bar
- Cárter en material de altas características técnicas reforzado con fibra de vidrio resistente a la corrosión
- Lubrificadas de por vida
- Opciones : doble membrana, VARIPULSE® o variación de frecuencia
- Integrables en un armario de protección EH&S



Bomba dosificadora serie G™ A

### Características eléctricas de los motores

#### Características generales en estándar :

- Alimentación :
  - 230/400 V - 50/60 Hz - trifásico
  - 230 V - 50 ó 60 Hz - monofásico
  - 115 V - 50 ó 60 Hz - monofásico
- Grado de protección : IP 55, motor tropicalizado, aislamiento : clase F
- Conforme a las normas europeas e internacionales

#### Opciones :

- Brida motor F130, eje de salida motor 14x30
- Motor ADF : consúltenos (fuera de CEE únicamente, bombas no ATEX)

### Accesorios

- Las bombas Serie G™ A se suministran con los accesorios indicados en el cuadro adjunto (excepto en versiones Inox 316L y Líquidos cargados)
- Otros accesorios disponibles : válvulas 3 ó 4 funciones, purgas 4 funciones, amortiguadores de pulsaciones, válvulas de seguridad o de retención... Consúltenos.

### Construcción de los dosificadores

Elementos Dosificador / Modelos	Polipropileno (PP)	PVDF	Inox (316L)	Alta Viscosidad (HV)
<b>Modelos GA 2 a GA 45</b>				
Cuerpo del dosificador	PP	PVDF	316L	PP
Cuerpo de caja válvulas	PVDF	PVDF	316L	PP
Asientos	Añías	PTFE	316L	PTFE
Bolas	Cerámica	Cerámica	316L	316L
Conexiones	PVDF/PP	PVDF/PP	316L	PP
Membrana	PTFE/PVDF*	PTFE/PVDF	PTFE/316L	PTFE/PVC
Junta	Viton	Viton	Viton	-
<b>Modelos GA 90 a GA 170</b>				
Cuerpo del dosificador	PP	PVDF	316L	PP
Cuerpo de caja válvulas	PP	PVDF	316L	PP
Asientos	PTFE	PTFE	316L	PTFE
Bolas	Cerámica	Cerámica	316L	316L
Conexiones	PP/PVC	PVDF/PVC	316L	PP
Membrana	PTFE	PTFE	PTFE	PTFE
Junta	-	-	Viton	-

\* Excepto GA 2 a GA 10 = PTFE/PVC

#### Otras construcciones del dosificador :

- Versión para líquidos fluorados : dosificador en PVDF con bolas en PTFE.
- Versión para líquidos cargados : dosificador en inox 316L con bolas en acero 440C.
- Versión Mixta PP/316L : dosificador en PP y bolas en inox 316L.

### ACCESORIOS

Las bombas dosificadoras con dosificadores en PP, PVDF, líquidos fluorados y mixtos se suministran con :

- Modelos GA 2 a GA 45 : 1 caña de inyección, 1 válvula de pie con lastre, 6 m de tubo ligera en polietileno 6x8, 6 m de tubo en PVC reforzado 6x12 y racores gas 1/2" macho.
- Modelos GA 90 a GA 170 : accesorios disponibles bajo petición.

Las bombas dosificadoras con dosificador para alta viscosidad se suministran con :

- Modelos GA 2 a GA 45 : 2 m de tubo 15x23 + 1/2" NPT macho en la aspiración y 3 m de tubo 0.500" OD en la descarga, 1 caña de inyección.
- Modelos GA 90 a GA 170 : 2 m de tubo 15x23 + 1/2" NPT macho en aspiración y conexión roscada 1/2" NPT macho en descarga.



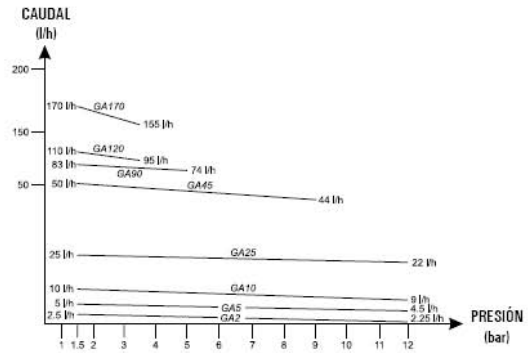


**Bomba dosificadora G<sup>TM</sup> A**  

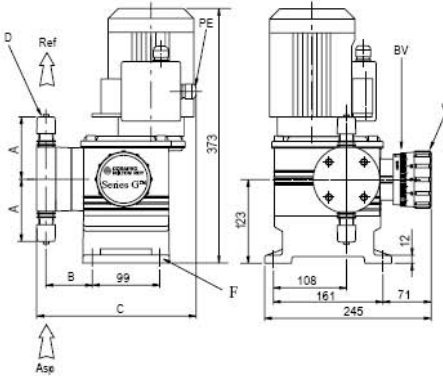

**Prestaciones**

Modelo	Caudal máx. (l/h) <sup>(1)</sup>	Presión máx. (bar)	Carrera (mm)	Cadencia (gpm) <sup>(2)</sup>	Velocidad motor (rpm) <sup>(2)</sup>	Potencia (W)	
						Mono	Tri
GA 2	2.5	12	4	36	1500	180	90
GA 5	5	12	4	72	3000	180	120
GA 10	10	12	4	144	3000	180	120
GA 25	25	12	6	72	3000	180	120
GA 45	50	10	6	144	3000	180	120
GA 90	83	5	6	72	3000	180	120
GA 120	110	3.5	4	144	3000	180	120
GA 170	170	3.5	6	144	3000	180	120

Caudal máximo a 1.5 bar  
<sup>(2)</sup> Valores con motor a 50 Hz



**Dimensiones y conexiones**



- Asp : Aspiración
- Ref : Descarga
- V : Mando
- BV : Bloqueo mando
- PE : Prensaestopos motor
- F : 4 agujeros para tornillos ø 9
- D : Conexiones

Modelo	Dimensiones (mm)	Versiones Conexiones	PP/PVDF/Mixta	Inox	HV	
			T	N	H	
GA 2	A		91	102	105	
GA 5	B		68	68	83	
GA 10	C		234	236	253	
GA 25	A		91	102	108	
GA 45	B		69	68	73	
	C		235	236	243	
	(mm)	Conexiones	P	Q	N	H
GA 90	A		109	143	123	110
GA 120	B		98	98	98	98
GA 170	C		266	270	273	266

- Conexiones :**  
**T** = Tubo ligera en polietileno 6x8, tubo en PVC reforzado 6x12 y racores gas 1/2" macho  
**N** = Conexión roscada 1/2" BSP hembra  
**H** = GA 2 a GA 45 : Asp. = tubo vinilo 15x23 · Des. = tubo en PE 9x12  
**H** = GA 90 a GA 170 : Asp. = tubo vinilo 15x23 · Des. = 1/2" macho  
**P** = Conexión roscada 1/2" NPT macho  
**Q** = Conexión hembra para DN15, tubo en PVC para pegar

**Pesos y embalaje**

Versiones	Peso neto <sup>(1)</sup> (kg)	Peso bruto <sup>(1)</sup> (kg)	Embalaje <sup>(2)</sup> (L x A x H · mm)
GA 2 a GA 170 (PP)	7	9	400 x 300 x 490
GA 2 a GA 45 (INOX)	8	10	400 x 300 x 490
GA 120 a GA 170 (INOX)	12	14	400 x 300 x 490

<sup>(1)</sup> Aproximadamente - <sup>(2)</sup> Embalaje en cartón



Una red comercial de más de 100 distribuidores con el soporte de nuestras oficinas de ventas y servicios. Para encontrar vuestro representante local, visite nuestra dirección en Internet :

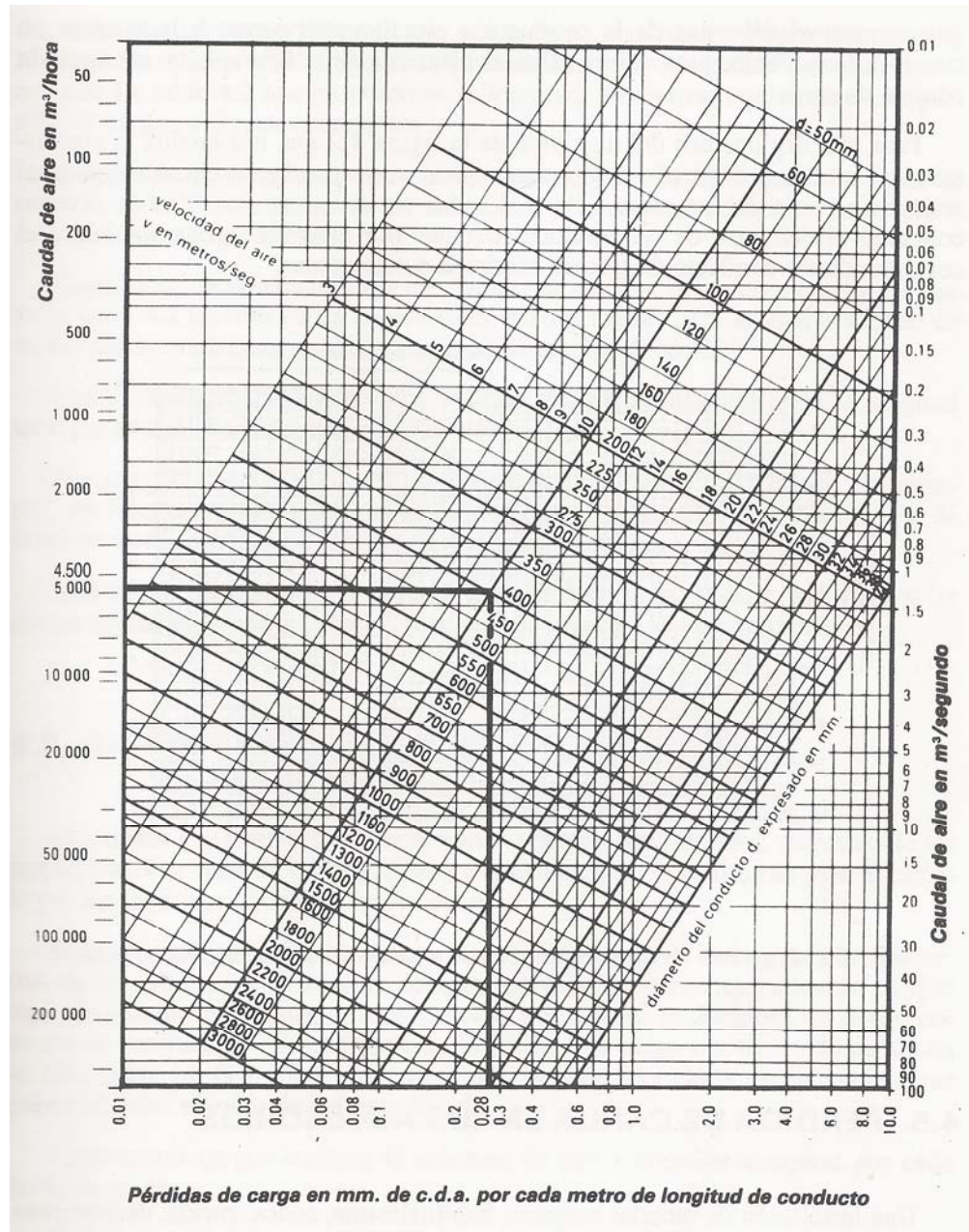
**www.miltonroy-europe.com**

G<sup>TM</sup>A - Ref. 150 5203 240N - 03/06 - Rev. F  
 Impreso en Francia. Especificaciones modificables sin aviso previo.


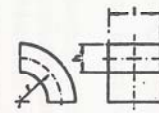
## **ANEXO 7:**

## **VENTILADOR**

1. PÉRDIDA DE CARGA POR METRO DE CONDUCCIÓN PARA VENTILACIÓN

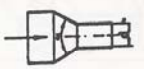
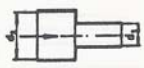
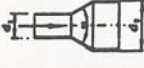


2. LONGITUD EQUIVALENTE PARA CODOS

Elemento		Ø conducto o cota h, en milímetros														
		75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800		
CODOS		$r = d$	1,3	1,7	2,5	3,4	4,3	5,1	6	6,8	7,6	8,5	10	12	13,5	
		$r = 1,5 d$	0,9	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2	4,8	5,4	6	7,2	8,4	9,6	
		$r = 2 d$	0,7	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	
		$\frac{l}{h} = 0,25$	$r = 0,5 h$	1,9	2,5	3,7	5	6,3	7,5	8,8	10	11	12,5	15	17,5	20
			$r = h$	0,5	0,7	1	1,4	1,7	2,1	2,5	2,8	3,2	3,5	4,2	4,9	5,6
			$r = 1,5 h$	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	2,8	3,2
		$\frac{l}{h} = 0,5$	$r = 0,5 h$	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	32
			$r = h$	0,6	0,9	1,4	1,8	2,2	2,7	3,2	3,6	4,1	4,5	5,4	6,3	7,2
			$r = 1,5 h$	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	2,8	3,2
		$\frac{l}{h} = 1$	$r = 0,5 h$	3,7	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	30	35	40
			$r = h$	0,8	1	1,6	2,2	2,7	3,3	3,9	4,4	5	5,5	6,6	7,7	8,8
			$r = 1,5 h$	0,4	0,5	0,7	0,9	1	1,4	1,6	1,8	2	2,3	2,7	3,2	3,6
		$\frac{l}{h} = 4$	$r = 0,5 h$	5	6,5	10	13	16	20	23	26	29	33	39	46	52
			$r = h$	1,3	1,7	2,6	3,4	4,3	5,1	6	6,8	7,7	8,5	10	12	13,5
			$r = 1,5 h$	0,5	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,6	4,2	4,8



3. LONGITUD EQUIVALENTE PARA CAMBIOS DE SECCIÓN

Elemento		Ø conducto, en milímetros														
		75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800		
CAMBIOS DE SECCION		$\alpha = 60^\circ$	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,6	3,2	3,7	
		$\alpha = 45^\circ$	0,13	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1	1,2	1,4	1,8	2,1	2,5	
		$\alpha = 30^\circ$	0,06	0,09	0,15	0,2	0,3	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,9	1	1,2	
		$d_2/d_1 = 1,1$	0,3	0,4	0,8	1	1,5	1,9	2,3	2,7	3,1	3,6	4,1	5,4	6,1	
		$d_2/d_1 = 1,4$	1	1,5	2,5	3,6	4,6	5,9	7,1	8,2	9,7	11	13,7	16,5	19,4	
		$d_2/d_1 = 2$	1,4	2	3,5	5	6,3	8,2	9,9	11,6	13,5	15,4	19	22,9	27	
		$\alpha = 60^\circ$ o mayor	$d_2/d_1 = 1,2$	0,3	0,4	0,8	1	1,5	1,9	2,3	2,7	3,1	3,6	4,1	5,4	6,1
			$d_2/d_1 = 1,5$	1	1,5	2,5	3,6	4,6	5,9	7,1	8,2	9,7	11	13,7	16,5	19,4
			$d_2/d_1 = 2$	1,8	2,6	4,5	3,2	8,2	10,5	12,6	15	17,2	19,6	24,4	29,2	34,5
		$\alpha = 30^\circ$	$d_2/d_1 = 1,2$	0,3	0,4	0,7	1	1,4	1,7	2	2,4	2,8	3,2	4	4,8	5,6
			$d_2/d_1 = 1,5$	0,8	1,1	1,9	2,8	3,7	4,6	5,5	6,5	7,6	8,6	10,6	13	15
			$d_2/d_1 = 2$	1,4	2	3,5	5	6,3	8,2	9,9	11,6	13,5	15,4	19	22,9	27
$\alpha = 10^\circ$		$d_2/d_1 = 1,2$	0,16	0,23	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,2	2,7	3,1	
		$d_2/d_1 = 1,5$	0,4	0,6	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,6	5,7	7	8,2	
		$d_2/d_1 = 2$	0,75	1,1	1,8	2,6	3,5	4,4	5,3	6,2	7,2	8,2	10	12,3	14,4	



Ventilateurs

Fans

Ventilatoren

## VCP HP Ventilateur Centrifuge Plastique

Volute standard PPH - Turbine standard PPH

Haute Pression Jusqu'à 150.000 m<sup>3</sup>/h - 4000 à 4500 Pa

Volute sur demande PE / PVC / PVDF / PPs / PPs-el - Turbine sur demande PEHD / PVDF / PPs-el

Fabrication entièrement chaudronnée par Europ-Plast. Chassis mécano-soudés en acier revêtu ou en inox. Turbines usinées dans la masse.

## VCP HP Plastic Centrifugal Ventilator

Shell: standard PPH - Wheel: standard PPH

High Pressure up to 150,000 m<sup>3</sup>/hr - 4,000 to 4,500 Pa

Shell on request PE / PVC / PVDF / PPs / PPs-el - Turbine on request PEHD / PVDF / PPs-el

All entirely manufactured at Europ-Plast. Machine-welded chassis in coated steel or stainless steel. Turbines machined from solid.

## VCP HP Radialventilatoren aus Kunststoff

Gehäuse aus Standard-PPh - Turbine aus Standard-PPh

Hochdruck bis 150 000 m<sup>3</sup> / St. - 4 000 bis 4 500 Pa


Auf Anfrage Gehäuse aus PE / PVC / PVDF / PPs / PPs-el - Auf Anfrage Laufrad aus : PEHD / PVDF / PPs-el

Die verschweissten Teile werden komplett von Europ-Plast konstruiert und hergestellt. Verschweiste Gestell aus geschütztem Stahl oder Edelstahl. Aus dem Vollem bearbeiten Laufräder.

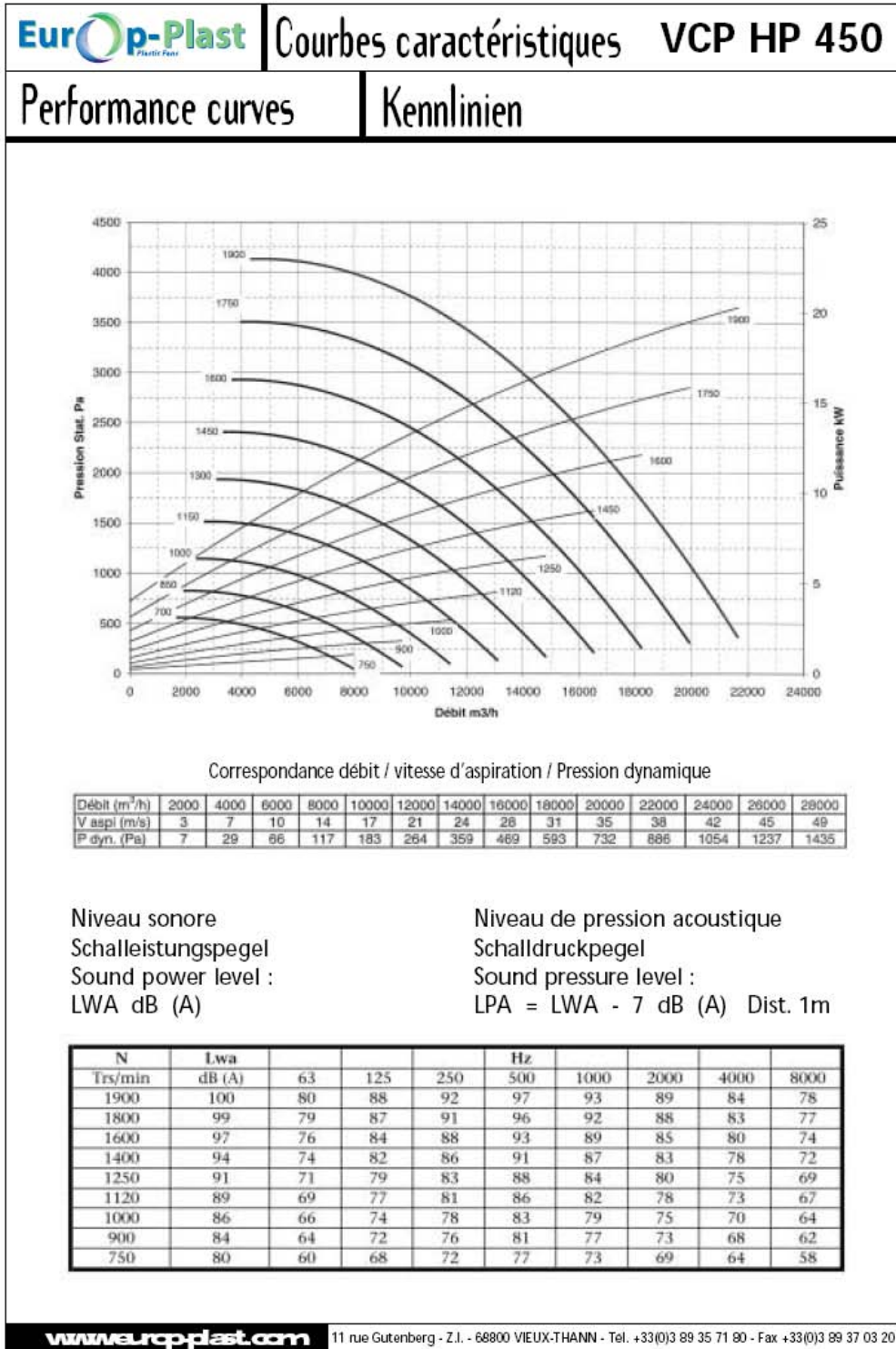


[www.europplast.com](http://www.europplast.com)

11 rue Gutenberg - Z.I. - 68800 VIEUX-THANN - Tel. +33(0)3 89 35 71 80 - Fax +33(0)3 89 37 03 20

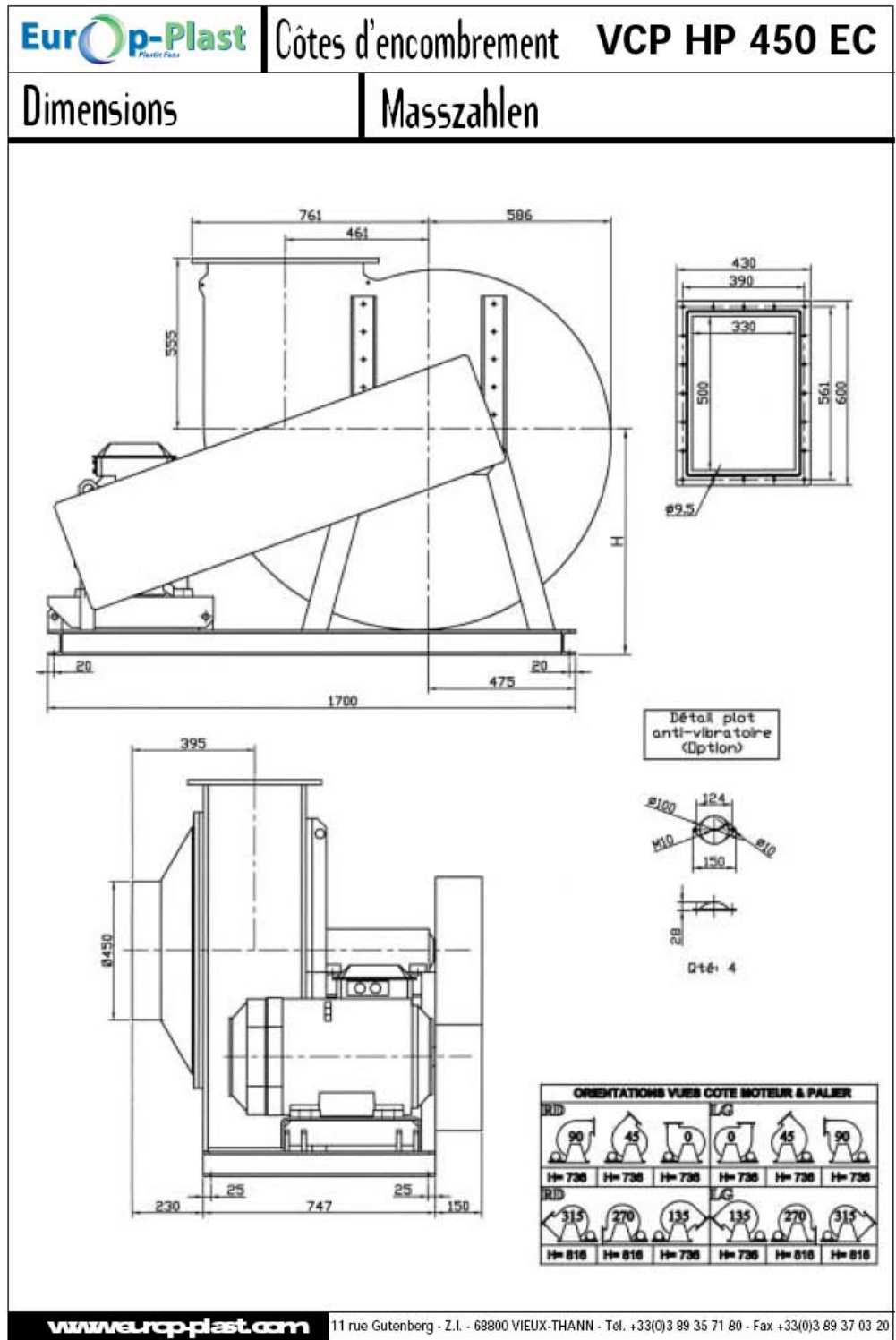
	<b>Caractéristiques</b>	<b>VCP HP</b>
<b>Specifications</b>	<b>Kennzeichen</b>	
<p><b>Features :</b></p> <p>The VCPHP is delivered as a bare ventilator with a machine-welded chassis with 200 micron polyurethane anti-corrosion paint in colour RAL 8028 and ABB type motor - Leroy Somer or equivalent.</p> <p>The ventilator has a circular aspiration inlet and a rectangular flange outlet on which the optional conversion parts can be fitted.</p> <p>The condensate purge is built into the ventilator. A2 stainless steel screws and bolts with plastic protection cap.</p> <p><b>Options available :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rigid rectangular / circular conversion part, flange or smooth outlet</li> <li>- Flexible aspiration sleeve in flexible grey PVC RAL 7011</li> <li>- Set of 2 stainless steel collars to attach the flexible aspiration sleeve or flexible inter-flange sleeve</li> <li>- Vibration-resistant studs</li> <li>- PVC strip screen RAL 7011</li> <li>- Stratification in resin glass on shell side</li> <li>- Cut-out box wired up to the ventilator or not</li> </ul> <p><b>The ventilators are available with :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Standard single-speed motor, 50 Hz, in IP 55 class F 3-phase 230/ 400 V or 400 / 690 V</li> <li>- The 2-speed IP 55 motor voltage 230 or 400 V</li> <li>- The single or 2-speed IP 55 Adf motor</li> <li>- Other motors on request</li> </ul>		
<p><a href="http://www.europplast.com">www.europplast.com</a> 11 rue Gutenberg - Z.I. - 68800 VIEUX-THANN - Tél. +33(0)3 89 35 71 80 - Fax +33(0)3 89 37 03 20</p>		

© Europ-Plast 2002 - Rév. 0 - Toute reproduction, même partielle est interdite. Les informations sont susceptibles d'être modifiées sans préavis.



© EurOp-Plast 2002 - Rev 0 - Toute reproduction, même partielle est interdite. Les informations sont susceptibles d'être modifiées sans préavis.





## **ANEXO 8:**

## **DEPÓSITOS**

**TABLA DE RESISTENCIA QUÍMICA DE MATERIALES**



Nombre	Fórmula	Estado	Conc.	PE °C			PP °C			PVC °C			PVDF °C		
				35	45	55	35	45	55	100	25	45	55	100	125
Acetona	$CH_3COCH_3$		100	X	X	/	X	X	X	/	/	/	/	/	
Acetona + Agua	$CH_3CO-CH_2(H_2O)$		100	X	X	X	X	X	X	/	/	/	X	X	
Ácido Acético	$CH_3COOH$	100	10	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	15	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	18	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	25	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Ácido Acético	$100H_2 + 20H_2$		100	X	/	/	X	/	/	X	/	/	/		
Ácido Acético	100	100	30	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	35	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	40	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	45	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Ácido Acético	$100C_2$	100	30	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	35	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	40	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Ácido Acético	$100C_3$	100	30	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	35	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	40	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Ácido Acético	$100C_4$	100	30	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	35	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	40	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Ácido Acético	$100C_5$	100	30	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	35	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	40	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Ácido Acético	$100C_6$	100	30	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	35	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	40	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Ácido Acético	$100C_7$	100	30	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	35	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	40	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Ácido Acético	$100C_8$	100	30	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	35	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	40	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Ácido Acético	$100C_9$	100	30	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	35	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	40	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Ácido Acético	$100C_{10}$	100	30	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	35	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	40	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	10	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	15	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	20	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	25	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	30	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	35	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	40	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	45	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	50	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	55	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	60	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	65	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	70	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	75	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	80	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	85	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	90	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	95	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	100	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	105	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	110	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	115	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	120	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	125	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	130	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	135	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	140	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	145	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	150	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	155	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	160	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	165	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	170	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	175	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	180	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	185	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	190	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
Alcohol Propílico	$CH_3CH_2CH_2OH$	100	195	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	
		100	200	X	X	X	X	X	X	X	/	X	X	X	

**Concentración:**  
 100: Saturación  
 35: Límite superior  
 40: Límite inferior  
 50: Proporción 1/1  
 60: Límite superior en vol

**Estado:**  
 L: Líquido  
 G: Gaseoso  
 H: Aéreo

**Enchufe:**  
 X: Excelente  
 /: Buena resistencia reducida  
 .: Sin resistencia

**Resistencia por período:**  
 \*: Sujección de forma larga duración

**CATALOGO AIQSA**



**DEPOSITO TIPO "C" CONSTRUIDO EN ESTRATIFICADOS DE POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO, DE 1300 LITROS DE CAPACIDAD.**

Este depósito, es de tipo cilíndrico vertical, con el fondo superior Klopper y el inferior plano sirviendo de apoyo al suelo.

**DIMENSIONES:**

<u>Cantidad</u>	<u>Capacidad</u>	<u>Diámetro</u>	<u>Altura Total</u>
1	1.300 ltrs.	900 mm.	2132 mm.

**MATERIALES:**

Para la fabricación de este depósito, se emplearían resinas de poliéster reforzadas con fibra de vidrio, obteniéndose la pared por la estratificación en capas sucesivas, en un proceso de moldeo mixto por contacto y arrollamiento en continuo, que permite obtener excelentes cualidades resistentes.

Las resinas empleadas, son del tipo bisfenólico, adecuadas para el uso a que se destinan.

**DATOS DE DISEÑO:**

Producto.....: Hidróxido sódico 50 %  
 Densidad.....: < 1,5 kg/dm3.  
 Presión.....: Atmosférica.  
 Temperatura...: Ambiente (superior a 20 °C).  
 Presión viento: 100 kg/m2.  
 coefic.sísmico: 0,01

**EQUIPO INCLUIDO:**

- Una boca de hombre lateral DN-500 atornillada (tornillería cincada).
- Una tubuladura de entrada DN-50.
- Una tubuladura de salida DN-25.
- Una tubuladura superior DN-50 para alarma de máxima con nivel LT-27.
- Un respiradero superior RT-1.
- Un nivel de boya en PP incluso cable poleas e indicador exterior en tubo transparente de PVC con escala graduada.
- Soporte y placa de características APQ-6.

AL PRECIO UNITARIO DE .....2.976,- €

**OPCIONAL:**

Aislamiento a base de espuma de poliuretano expandido de 10 cm de espesor y recubierto exteriormente con estratificados de poliéster reforzado con fibra de vidrio pigmentado exteriormente en color beige.

SUPLEMENTO DE PRECIO POR DEPÓSITO DE .....1.598,- €



**DEPOSITO TIPO "C" CONSTRUIDO EN ESTRATIFICADOS DE POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO, DE 1300 LITROS DE CAPACIDAD.**

Este depósito, es de tipo cilíndrico vertical, con el fondo superior Klopper y el inferior plano sirviendo de apoyo al suelo.

**DIMENSIONES:**

<u>Cantidad</u>	<u>Capacidad</u>	<u>Diámetro</u>	<u>Altura Total</u>
1	2.500 ltrs.	1200 mm.	2324 mm.

**MATERIALES:**

Para la fabricación de este depósito, se emplearían resinas de poliéster reforzadas con fibra de vidrio, obteniéndose la pared por la estratificación en capas sucesivas, en un proceso de moldeo mixto por contacto y arrollamiento en continuo, que permite obtener excelentes cualidades resistentes.

Las resinas empleadas, son del tipo bisfenólico, adecuadas para el uso a que se destinan.

**DATOS DE DISEÑO:**

Producto.....: Hipoclorito sódico  
Densidad.....: < 1,2 kg/dm<sup>3</sup>.  
Presión.....: Atmosférica.  
Temperatura...: Ambiente.  
Presión viento: 100 kg/m<sup>2</sup>.  
Coefic.sísmico: 0,01

**EQUIPO INCLUIDO:**

- Una boca de hombre lateral DN-500 atornillada (tornillería cincada).
- Una tubuladura de entrada DN-50.
- Una tubuladura de salida DN-25.
- Una tubuladura superior DN-50 para alarma de máxima con nivel LT-27.
- Un respiradero superior RT-1.
- Un nivel de boya en PP incluso cable poleas e indicador exterior en tubo transparente de PVC con escala graduada.
- Soporte y placa de características APQ-6.

AL PRECIO UNITARIO DE .....3.133,- €



**DEPOSITO "C-PEHD" DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEHD) NATURAL DE 1.000 LITROS EJECUCIÓN VERTICAL**

De tipo cilíndrico vertical, cerrado por la parte superior. Trataría del suministro de la unidad con capacidad y dimensiones siguientes:

<u>Cant.</u>	<u>Capacidad</u>	<u>Diámetro</u>	<u>Altura</u>
1	1.000 ltrs.	955 mm.	1583 mm.

**CONDICIONES DE SERVICIO Y DISEÑO:**

Producto: Acido sulfúrico 96 %  
Densidad: < 1,8 kg/dm<sup>3</sup>.  
Temperatura: Ambiente  
Presión: Atmosférica.

**MATERIALES:**

En la fabricación de este depósito se empleará polietileno de alta densidad, COLOR NEGRO, natural de procedencia SIMONA, atóxico, soldado por electrofusión y extrusión continuo, controlada al arco de alta tensión.

El PEHD, es adecuado para poder contener el producto bajo las condiciones de servicio especificadas.

**EQUIPAMIENTO:**

- Una boca de hombre lateral DN-500 atornillada (tornillería cincada).
- Una tubuladura de entrada DN-50, con tubo buzo.
- Una tubuladura de salida DN-50, con tubo buzo.
- Una tubuladura superior DN-50 para alarma de máxima con nivel LT-27.
- Un respiradero superior RT-1.
- Un nivel de boya en PP incluso cable poleas e indicador exterior en tubo transparente de PVC con escala graduada.
- Un cubeto de seguridad en el mismo material con diámetro 1200 x 1400 de altura.
- Vierteaguas protección lluvia.
- Sonda detectora de fugas con relé.
- Soporte y placa de características APQ-6.

AL PRECIO UNITARIO DE.....3.829,- €





AUXILIAR DE INSTALACIONES QUIMICAS, S.A.  
C/ Adria Gual, 2 - 43206 REUS (Tarragona) SPAIN  
[www.aiqsa.com](http://www.aiqsa.com) // e-mail: [info@aiqsa.com](mailto:info@aiqsa.com)

**AIQSA: NOTA INFORMATIVA RELATIVA A LA INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE DEPOSITOS AIQSA-PRFV, PARA ALMACENAJE DE LIQUIDOS CORROSIVOS:**

La normativa actual sobre el almacenaje de líquidos corrosivos, prevee una serie de actuaciones por parte de fabricantes, instaladores y usuarios, concernientes a la adecuación de los equipos a la reglamentación vigente, y cuyo cumplimiento es obligado. A estos efectos les informamos:

1º.- Los tanques verticales de base plana AIQSA tipo "C" deben instalarse según se indica en nuestra hoja de instrucciones para el montaje, que se suministra junto a la documentación del equipo, sobre basamentos que el Cliente o su Contratista deberá construir según las especificaciones de la **ITC-MIE-APQ-006**.

2º.- Los Sres. Clientes tienen la obligación de legalizar sus instalaciones de almacenaje de líquidos corrosivos, así como la de asegurar el mantenimiento y las inspecciones periódicas previstas en la **ITC-MIE-APQ-006**.

3º.- Los tanques AIQSA-PRFV suministrados para contener líquidos corrosivos, se documentan, cuando procede, con el correspondiente Certificado de fabricación, en cumplimiento de la **ITC-MIE-APQ-006**. (Y el Acta de Prueba en Origen por la Orden del Departament d'Industria i Energia de 24.06.94, en Catalunya)

4º.- En el caso que el Sr. Cliente precise disponer para legalizar sus proyectos de una Memoria-Proyecto, incluyendo planos y cálculos, relativa a cada una de las unidades de depósitos suministrados, AIQSA los proporcionará al precio de **525,- € Udad.**

5º.- Inspección de tanques de almacenamiento de líquidos corrosivos: La **ITC-MIE-APQ-006** prevee la inspección exterior de tanques cada 5 años de servicio, por medios propios, para líquidos de clase a), b), y c). Así como la inspección interior, en las mismas condiciones, cada 10 años para los líquidos de clase c)

Estas actuaciones de inspección puede realizarlas nuestro personal técnico de AIQSA, emitiendo los correspondientes; certificación, informe y recomendaciones, para cada unidad examinada, facturándose este servicio por administración.

AIQSA: Reus 01.01.2007

## **ANEXO 9:**

### **SISTEMA DE CONTROL DE Ph/Redox**



**CATÁLOGO CRISON**

**CONTROLADOR DE pH/REDOX**



## pH-metros de panel y de campo

Son instrumentos específicos para la medida y en algunos casos control de pH y mV en procesos continuos. Se presentan distintas versiones para adaptarse así a las exigencias de aplicación y de ubicación. Existen versiones:

- de panel y de campo,
- con alimentaciones distintas, 230, 115 ó 24 VAC
- transmisores o controladores
- distintos tipos de regulación, on/off o proporcional
- etc.

**Características comunes**  
 Los valores de pH y temperatura se visualizan simultáneamente. La pantalla es retroiluminada, característica que facilita la lectura en lugares oscuros. En calibración, los instrumentos reconocen automáticamente los tampones y disponen de criterios de aceptación/rechazo del electrodo. Los instrumentos son compatibles con la mayoría de electrodos de pH, con membrana de vidrio, existentes en el mercado. Son instrumentos de fácil manejo. Permiten establecer un diálogo interactivo con el usuario en su propio idioma: castellano, inglés, francés e italiano. En pantalla se informa siempre al usuario mediante mensajes de operación o de ayuda. Un código de seguridad impide al personal no autorizado interrumpir la medida. Sólo personal autorizado tiene acceso a la calibración o programación del equipo. Durante la calibración y programación, el instrumento queda en "suspense" (hold). Las versiones de campo tienen el teclado y la pantalla protegidos por una cubierta transparente que cierra herméticamente. Las versiones de panel son específicas para montaje en panel normalizado.

**PH27 P**  
 Transmisor activo de pH/mV (4 hilos) Dispone de una señal analógica de 4...20 mA programable por el usuario, para su integración en la automatización de un proceso. Ver gráfico en pág. 9. Sólo en versión panel, 96 x 96.

**PH 28**  
 Controlador de pH/mV. Existe en versiones de panel y campo. Además de la señal analógica de 4...20 mA, dispone de dos relés que se pueden programar independientemente para que actúen tanto como máximo o mínimo. Realiza una regulación on/off.

**PH 29**  
 Controlador de pH/mV. En versiones de panel y campo. Las características que lo diferencian del PH 27 y el PH 28 son:

- Sus 3 relés: 1 de límite, 1 de alarma y el tercero seleccionable como límite o lavado para el electrodo.
- Regulación proporcional, además de on/off.
- Además de la calibración directa con tampones permite efectuar una calibración indirecta.
- Data logger. Un almacén de datos de hasta 200 medidas. Los datos pueden memorizarse a una frecuencia programada o bien por ejemplo cuando estén fuera de límite.
- Posibilidad de verificar la instalación; la actuación de los relés y la salida 4...20 mA.

**Certificados**  
 Todos los modelos se suministran con la Declaración de Conformidad CE según las directivas 73/23/CEE de baja tensión y 89/336/CEE de C.E.M., y con su certificado de especificaciones.

Ver más información sobre Certificados en págs. 79-80



PH 28

PH 29

PH 27 P

PH 28 P

PH 29 P



### Ejemplos de pantalla

**PH 27, PH 28, PH 29**

**En la puesta en marcha**  
...seleccione el idioma

IDIOMA: >Español  
          Italiano  
          Français  
          English

...seleccione la unidad de medida

MEDIDA DE: >pH  
              mV

...y el instrumento se pone automáticamente...

MIDIENDO  
pH 7.37    25.2°C

**En la calibración de pH**  
...introduzca el código de acceso

C00100 g00

...y siga las instrucciones

Poner 1º tampón  
pH 7            25°C

Poner 2do tampón

CALIBRACIÓN OK

**Teclado**

Con sólo 4 teclas y gracias a una pantalla "inteligente" se puede acceder a todas las posibilidades del instrumento sin necesidad de consultar el manual.

ESC
▼
▲
ENT

**PH 28**  
Durante la regulación de un proceso  
...mensaje de medida "fuera de límite" (L1 o L2).

MIDIENDO L2  
pH 12.34    28.5°C

**PH 29**  
Calibración Indirecta.

MIDIENDO  
pH 7.15    25°C

REAJUSTE DE pH  
pH 7.15    25°C

REAJUSTE DE pH  
pH 7.22    25°C

**Durante la regulación**  
...aviso de "alarma".

ALARMA  
pH 10.00    23.5°C

...aviso de "lavado" de sensores.

LAVANDO  
30s

**Data logger**  
...almacenando datos

MIDIENDO L2  
pH 12.34    28.5°C

...consultando datos


001 12-11 15:00  
pH 9.15    25.4°C

002 12-11 17:00  
pH 9.18    25.6°C

Código	Descripción
27 00	pH-metro PH 27 F, de panel, a 230 V
27 05	pH-metro PH 27 F, de panel, a 24 V
28 00	pH-metro PH 28, de campo, a 230 V
28 01	pH-metro PH 28, de campo, a 24 V
28 02	pH-metro PH 28 F, de panel, a 230 V
28 05	pH-metro PH 28 F, de panel, a 24 V
29 00	pH-metro PH 29, de campo, a 230 V
29 01	pH-metro PH 29, de campo, a 24 V
29 02	pH-metro PH 29 F, de panel, a 230 V
29 05	pH-metro PH 29 F, de panel, a 24 V

Nota: Ver págs. 28 para configurar un sistema completo

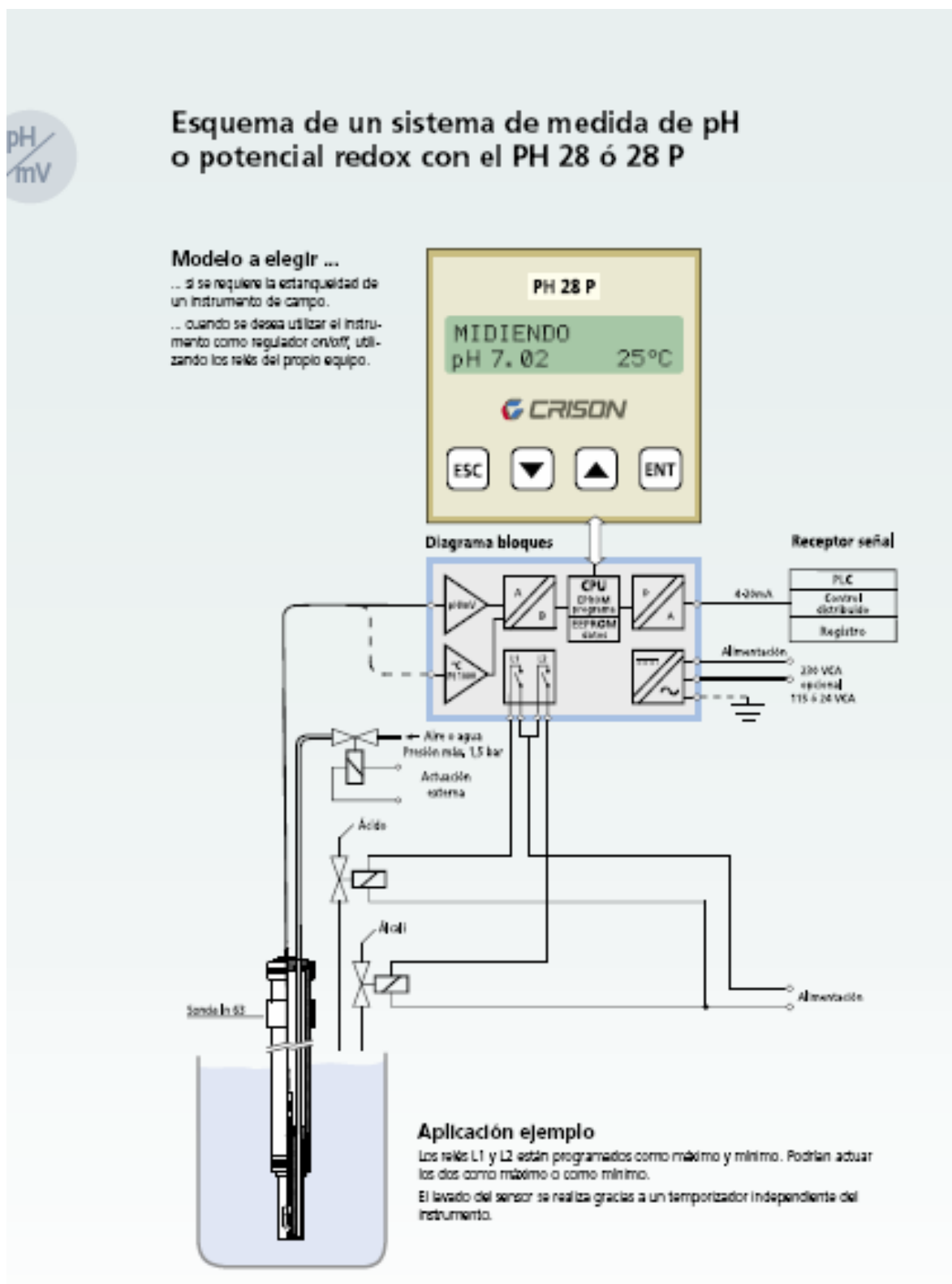


## pH-metros...

### Especificaciones técnicas. Tabla comparativa

Modelo		PH 27 P	PH 28 P	PH 29 P
<b>Escala de medida</b>	pH -2.00...16.00 mV -1500...1500 °C -20.0...150.0	*	*	*
<b>Error de medida</b> (a 1 dígito)	± 0.01 pH ± 1 mV ± 0.3°C	*	*	*
<b>Reproducibilidad</b> (a 1 dígito)	± 0.01 pH ± 1 mV ± 0.1°C	*	*	*
<b>Compensación automática de la temperatura</b>	Con sonda Pt 100 Con sonda Pt 1000 Entrando datos por teclado	*	*	*
<b>Possibilidades en calibración pH</b>	En 2 puntos entre 3 valores En 1, 2 ó 3 puntos entre 5 valores Calibración indirecta en cualquier valor entre 0-14 pH	*	*	*
<b>Temperos reconstruidos</b> Técnicos, valores a 25°C	4.01, 7.00, 9.21 2.00, 4.01, 7.00, 9.21, 10.90	*	*	*
<b>Criterios aceptación electrodo de pH</b>	Pendiente 85...103% Potencial de asimetría ≤ 60 mV	*	*	*
<b>Salida analógica, programable</b> salida galvánicamente (R máx. = 500Ω)	4...20 mA para las medidas. Expansión máx. 1 pH ó 100 mV 21 mA o último valor para instrumento en suspenso (hold) 22 mA como señal de alarma	*	*	*
<b>Modos de control</b>	On/Off Proporcional	*	*	*
<b>Relés, activación retardada</b> línea de potencial, Carga máxima CA ≤ 250 V, ≤ 2 A, ≤ 750 VA	2 relés de límite. Contacto NO 1 de límite. Contacto N/O. 1 de límite o lavado. Contacto MO (relé conmutador) 1 de alarma. Contacto NC	*	*	*
<b>Verificación de la instalación</b>	Activación de los relés Señal 4-20 mA	*	*	*
<b>Data logger</b>	Capacidad memoria 200 datos	*	*	*
<b>Idiomas</b>	Español, Inglés, Francés, Italiano	*	*	*
<b>Pantalla</b>	LCD, alfanumérica, retroiluminada, 2 líneas de 16 caracteres	*	*	*
<b>Longitud del cable del electrodo</b>	Recomendado: 25 m. Máx 50 m	*	*	*
<b>Alimentación</b>	230 ó 24 VCA ± 10 %, 45-65 Hz (115 VCA bajo pedido) Consumo 4 VA. Protección: Clase II. Categoría de sobretensión: II	*	*	*
<b>Seguridad eléctrica</b>	Según norma EN 61010-1	*	*	*
<b>C.E.M. (compatibilidad electromagnética)</b>	Según EN 50081-1, EN 50081-2, EN 50082-1, EN 50082-2	*	*	*
<b>Condiciones ambientales</b>	Temperatura: De trabajo -20...55°C. De almacenamiento -10...70°C Humedad relativa, no condensable ≤80% Altud máxima: 2000 m a 230 V, 3000 m a 24 V	*	*	*
<b>Contenedor</b>	Versiones de campo material termoplástico, Protección IP 55 Versiones de panel: PVE, polyphenylen ether, Protección IP 54	*	*	*
<b>Parámetros físicos</b>	Versiones de campo Peso 700 g. Dimensiones 95x170x100 mm. Versiones de panel: Peso 600 g. Dimensiones 95x6x100 mm.	*	*	*

Especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso.



## ELECTRODO pH

### Electrodos de pH y P.O.R. (redox). Un poco de teoría



#### Introducción

La medida del pH de una disolución se basa en la transformación de la señal eléctrica obtenida con un electrodo de vidrio (indicador) y uno de referencia. Dicha señal es proporcional a la actividad de los



DOS ELECTRODOS  
VIDRIO + REFERENCIA

iones  $H^+$ , de acuerdo con la ley de Nernst.

El electrodo de vidrio proporciona un potencial que depende directamente del pH de la muestra, mientras que el electrodo de referencia tiene un potencial constante frente al que se compara el obtenido con el electrodo indicador.

#### Los electrodos hoy..

Actualmente los esfuerzos de los fabricantes van dirigidos a mejorar y optimizar las partes esenciales del electrodo.

Los conectores deben ser estancos, diseñados sin cavidades internas para evitar los efectos de la condensación de agua en su interior.

Las membranas además de sensibles al pH bienen que ser resistentes a agentes agresivos tanto químicos como físicos. Hoy disponemos de vidrios excelentes.

Los sistemas de referencia y en particular el diafragma, "unión líquida", concentran los máximos esfuerzos puesto que es el punto débil de todos los electrodos, tanto de vidrio como de los nuevos ISFET.

#### Evolución

En 1948 el Dr. Ingold fabricó el primer electrodo combinado. Unió los dos electrodos indicador y referencia en un solo cuerpo.



UN ELECTRODO  
COMBINADO

Desde sus orígenes hasta hoy, los electrodos de pH han evolucionado para adaptarse a las más diversas condiciones de medida.

Como mejoras CRISON aporta electrodos con diafragmas internos, abiertos en forma de ranura circular y de teflón poroso.

La oferta CRISON se basa en una selección de sensores que reúnen los mejores "ingredientes" para atender cada aplicación. Y sin descuidar el factor económico.

#### Electrodos con sensor de temperatura

En los últimos años se constata la aparición de electrodos combinados que incorporan además un sensor de temperatura.



ELECTRODO  
COMBINADO CON C.A.T.

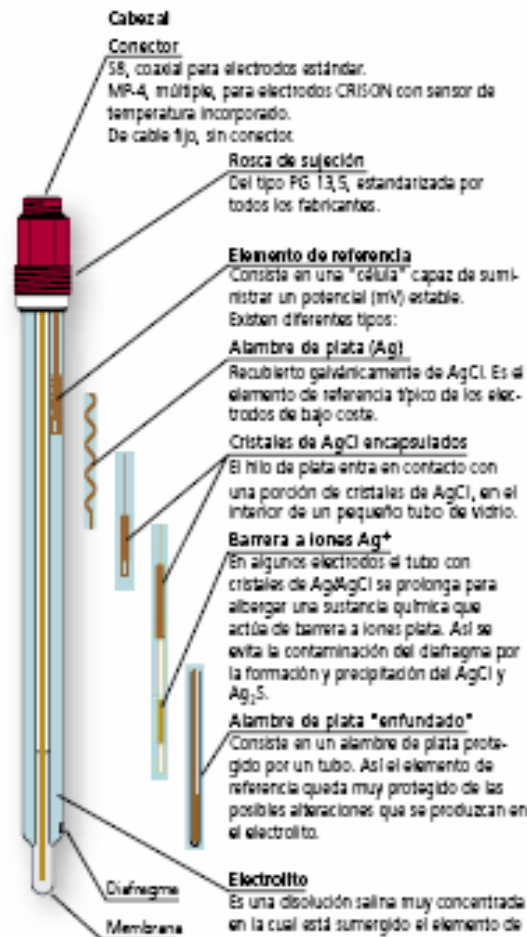
Esto permite la medida simultánea del pH y la temperatura en un mismo punto. Este hecho resulta especialmente importante en la calibración con tampones.

El inconveniente de estos electrodos es que su sustitución es económicamente más costosa.





## Electrodos combinados de pH y P.O.R. (redox) Partes esenciales



**Cabezal**

**Conector**

SS, coaxial para electrodos estándar.  
MR-4, múltiple, para electrodos CRISON con sensor de temperatura incorporado.  
De cable fijo, sin conector.

**Rosca de sujeción**

Del tipo PG 13,5, estandarizada por todos los fabricantes.

**Elemento de referencia**

Consiste en una "célula" capaz de suministrar un potencial (mV) estable. Existen diferentes tipos:

**Alambre de plata (Ag)**

Recubierto galvanicamente de AgCl. Es el elemento de referencia típico de los electrodos de bajo costo.

**Cristales de AgCl encapsulados**

El hilo de plata entra en contacto con una porción de cristales de AgCl, en el interior de un pequeño tubo de vidrio.

**Barrera a iones Ag<sup>+</sup>**

En algunos electrodos el tubo con cristales de AgAgCl se prolonga para albergar una sustancia química que actúa de barrera a iones plata. Así se evita la contaminación del diafragma por la formación y precipitación del AgCl y Ag<sub>2</sub>S.

**Alambre de plata "enfundado"**

Consiste en un alambre de plata protegido por un tubo. Así el elemento de referencia queda muy protegido de las posibles alteraciones que se produzcan en el electrolito.

**Electrofito**

Es una disolución salina muy concentrada en la cual está sumergido el elemento de referencia.

Se presenta en 3 estados: líquido, gel o sólido (polímero), según el tipo de electrodo.

**Electrolitos líquidos.** Utilizados por los electrodos rellenables. Existen distintos tipos en función de la aplicación. Todos ellos basados en KOH.

**Electrolitos gel.** Se utilizan en electrodos "inrellenables", denominados también "de bajo mantenimiento".

La mayoría son gels glicerados.

Los electrodos de gran diafragma de PTFE incorporan un gel poliláctico, de muy baja difusión a través del diafragma.

**Electrolitos sólidos.** Se utilizan también en electrodos "inrellenables". Están constituidos por un polímero conductor.

**Diafragma**

Es el punto de unión entre el electrolito y la muestra. Es la parte crítica del electrodo, influyendo directamente en el tiempo de vida del mismo.

En el mercado pueden encontrarse diversidad de diafragmas según el fabricante, la aplicación, la calidad del electrodo y su precio.

En este catálogo se presentan electrodos con diafragma cerámico, de PTFE poroso y abierto.



El diafragma cerámico, es una placa de cerámica porosa químicamente inerte. Es el diafragma clásico. Permite un pequeñísimo flujo de electrolito hacia la muestra. En los electrodos presurizados este flujo se ve favorecido.



PTFE poroso, consiste en un gran anillo de PTFE poroso a través del cual se efectúa el contacto entre electrolito y muestra. La conductividad de la muestra, prácticamente no se altera, gracias al escape flujo que proporciona su electrolito poliláctico.



Ablarito, que en realidad debería llamarse "sin diafragma". Hay contacto directo entre muestra y electrolito. No existe flujo de electrolito. Sólo se emplea en electrodos con electrolito sólido (polimerizado).

Existen dos tipos:

- orificio lateral. Consiste en un orificio en el cuerpo del electrodo.



- circular. Ranura similar entre el cuerpo central, electrodo indicador, y el electrodo de referencia. Facilita un excelente contacto con la muestra.

**La membrana de vidrio**

De su composición dependen características tales como la sensibilidad, la resistencia química, térmica y mecánica del electrodo o la escala de medida, por ejemplo pH de 0...12, de 0...14. Existen membranas con vidrios específicos, por ejemplo para medir pH en presencia de cierta concentración de HF. También hay membranas especiales para medir a muy bajas temperaturas (-30°C).

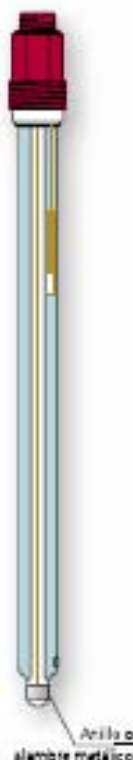
Una gran membrana es símbolo de calidad.

La velocidad de respuesta de un electrodo depende directamente de la calidad de su membrana.



**Los electrodos para medir R.O.R.**

(Potencial Óxido-Reducción, redox)  
 Son electrodos también llamados "metálicos", de platino u oro. Miden el carácter oxidante o reductor de una disolución. Han sufrido la misma evolución que los electrodos de pH. En la actualidad se presentan en las mismas modalidades en cuanto a conector, elemento de referencia, electrolito y diafragma, reemplazando la membrana de vidrio por un anillo o alambre de un metal noble, generalmente platino. En este catálogo no se presentan versiones de electrodos redox con sensor de temperatura incorporado debido a que el instrumento de medida no efectúa ningún tipo de compensación de la misma.  
 (Ver pág. 33).



**Consideraciones prácticas**

**Calidad-precio**  
 En la práctica la fiabilidad de una medición está directamente relacionada con la calidad del electrodo utilizado. En los procesos en continuo, el electrodo está sometido permanentemente a unas condiciones severas. Es pues importante que sea muy resistente para que tenga una larga vida útil. La calidad debe prevalecer sobre el precio. CRISON sólo le propone electrodos de la máxima calidad ya que la experiencia nos confirma que a medio y largo plazo son más rentables.

**Duración de un electrodo**  
 La "esperanza de vida" media de un electrodo de pH de proceso oscila entre 6 y 12 meses, variando en función de las condiciones de trabajo a las que está sometido y al mantenimiento que se le dispensa. Los electrodos instalados en las nuevas sondas, con sistema para el lavado automático, duran más y las medidas son más fiables. Los electrodos sometidos a altas temperaturas tienen una duración inferior. Los medios altamente alcalinos también acortan la vida de los electrodos. Ante un periodo de vida excesivamente corto, consúltanos: ¡es posible que no esté utilizando el electrodo adecuado!

**Problemas más frecuentes**

La utilización de un electrodo inadecuado, o la mala instalación del mismo, dan lugar a una serie de problemas que pueden reducir drásticamente la vida del electrodo. A continuación citamos los problemas más habituales, sus causas y sus consecuencias:

- Lecturas inestables...
  - Obturación del diafragma. Circuito de medida abierto.
- Desplazamiento de los valores de pH.
  - Contaminación del sistema de referencia.
- Lentitud de respuesta y medidas erróneas.
  - Suciedad depositada en la membrana.
- Pérdida de sensibilidad.
  - Por envejecimiento o erosión de la superficie de la membrana.
  - Cortocircuito en el conector.
- Respuesta no lineal.
  - Envejecimiento o desgate de la membrana.
- Inundación del conector.
  - Por mala instalación del cable y/o sonda.
  - Cortes en la funda protectora del cable coaxial.

**Garantía**

Los electrodos CRISON están garantizados por un periodo de 6 meses. La garantía cubre únicamente defectos de fabricación. La garantía no cubre los defectos que puedan presentarse por el uso, manipulación, aplicación o mantenimiento incorrectos, o a causa del desgaste prematuro inherente a determinadas muestras.

En esta aplicación presentamos una gama de electrodos que cubren las principales aplicaciones relacionadas con el agua y la industria en general. Si no encuentra el electrodo más adecuado para su aplicación no dude en contactarse con CRISON.

## Electrodos de pH y P.O.R. (redox) para aguas “limpias”

electrolito gel



- 53 33, electrodo de pH
- 53 41, electrodo de pH resistente a HF
- 53 53, electrodo de P.O.R. (Redox), de platino
- 53 54, electrodo de P.O.R. (Redox), de oro

Son electrodos llamados de bajo mantenimiento puesto que no precisan el control y relleno periódico de electrolito.

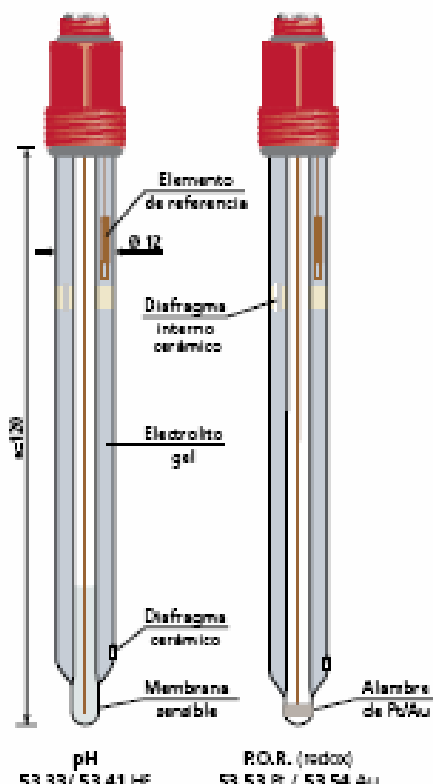
**Ventajas**  
 Robustez y facilidad de manejo. Instalación en gran variedad de sondas.  
 Diafragma interno que protege el elemento de referencia frente a contaminaciones.  
 Bajo mantenimiento, no precisa relleno de electrolito.  
 Autocompensación de la presión del medio sin necesidad de sondas especiales.  
 Precio muy competitivo.

**Limitaciones**  
 Muestras con muy baja conductividad.  
 Muestras viscosas o “sucias” capaces de obstruir rápidamente el diafragma.  
 Las altas temperaturas.

**Aplicaciones, ejemplos**  
 Piscinas, Aguas potables, Torres lavado de gases, Torres de desodorización, etc.

**Aguas con fluoruros**  
 Existe una versión, código 53 41, para medir el pH en aguas con fluoruros. La resistencia química de la membrana depende del pH y de la concentración de HF.

pH @ 20 °C	Límite de concentración F <sup>-</sup> (ppm)
2	300
3	1000
4	6000
≥5	sin límite



**Montaje.** Ver sondas págs. 66.. 73  
 En sondas de inmersión In 61, In 63 e In 68.  
 En sondas de inserción In 76, In 77 e In 78.  
 En sondas de flotación FL 60 y FL 69.  
 En la cubeta de recirculación CR 60

**Cables**  
 Se conectan a cables coaxiales con conector ASS.  
 (Ver pág. 75)

**Especificaciones**

Modelo	53 33	53 41	53 53	53 54
Escala de medida	0 ... 14 pH		±2000 mV	
Resistencia frente al HF	--	✓	--	--
Metal indicador	--		Pt	Au
Temperatura de trabajo	0...80 °C			
Presión máx. de trabajo	Hasta 6 bar			
Sistema de referencia	Cristales de Ag/AgCl encapsulados			
Electrolito	Gel			
Diafragma de contacto	Cerámico			
Bozca de sujeción	PG 13,5			
Conector, protección	58, IP68			
Materia del cuerpo	Vidrio			



## SONDA DE INSERCIÓN

### Sondas de inserción en tubería o depósito

#### Sonda In 76

Es un adaptador de la rosca del electrodo, PG 13,5, a 3/4", más normalizada en tuberías. Además, ofrece una buena protección de la parte de vidrio del sensor. Es muy económica. Las operaciones de calibración y limpieza son algo engorrosas. Primero se debe desatornillar el cable del electrodo y después la parte protectora del electrodo con él en su interior.

#### Sondas In 77 e In 78

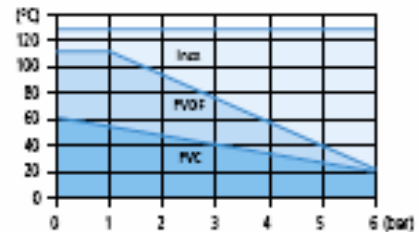
Estas sondas resuelven las limitaciones de la In 76. En las operaciones de calibración y mantenimiento basta con desatornillar y rosca la tuerca moleteada de la sonda para extraer el conjunto sonda-sensor, y ello sin manipular el conector del cable. Se instalan acoplándolas a los manguitos DN 25.

#### Sensores que admiten

Sensores con rosca PG 13,5.

#### Presión de trabajo

La presión que pueden soportar las sondas depende del material y de la temperatura a la que están sometidas.



Gráfica presión / temperatura de trabajo

#### Instalación

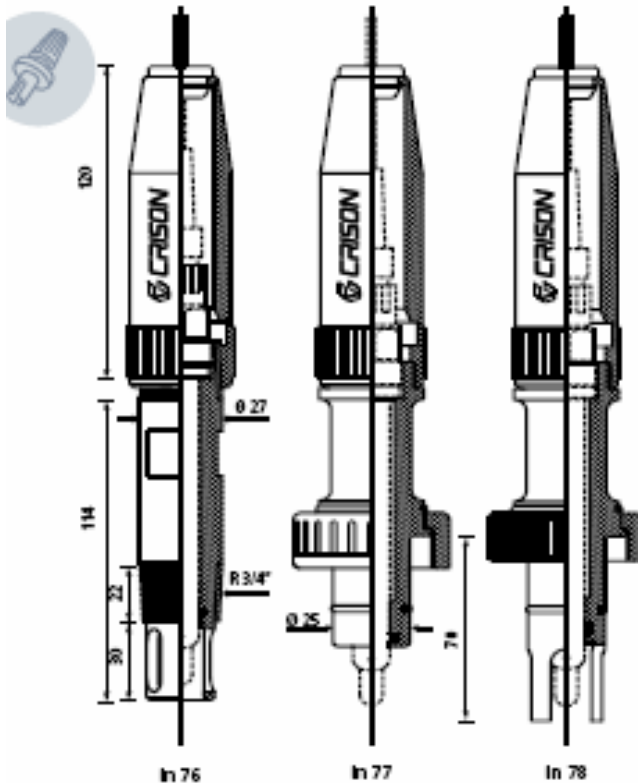
La In 76 se instala directamente en tubería, mediante roscas de 3/4" NPT. La In 77 e In 78 se instalan en manguitos DN 25. (Ver pág. 77)

#### Especificaciones

Modelo	In 76	In 77	In 78
Material	PVC	PVC	inoxidable
Temp. de trabajo	0...60 °C	0...60 °C	0...130 °C
Presión de trabajo	Según temperatura (ver gráfica)		
Juntas técnicas	Vitón		
Sensores instalables	Con rosca PG 13,5		
Número sensores	1		
Instalación	R 3/4"	manguito DN-25	

Código	Descripción
76 01	Sonda In 76 en PVC.
77 01	Sonda In 77, en PVC.
77 02	Sonda In 77, en PVDF.
78 01	Sonda In 78, en INOX.

NOTA: Las sondas se suministran en sensores



## **ANEXO 10:**

## **REACTIVOS**

1. ÁCIDO SULFÚRICO (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

### ACIDO SULFURICO

ICSC: 0362




**ACIDO SULFURICO**  
 Aceite de vitriolo  
 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
 Masa molecular: 98.1

N°CAS7664-93-9  
 N°RTECSWS5600000  
 N°ICSC0362  
 N°NU1830  
 N° CE 016-020-00-8

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	No combustible. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión. Desprende humos (o gases) tóxicos o irritantes en caso de incendio.	NO poner en contacto con sustancias inflamables. NO poner en contacto con combustibles.	NO utilizar agua. En caso de incendio en el entorno: polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
<b>EXPLOSION</b>	Riesgo de incendio y explosión en contacto con bases, sustancias combustibles, oxidantes, agentes reductores, agua.		En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua pero NO en contacto directo con agua.
<b>EXPOSICION</b>		¡EVITAR LA FORMACION DE NIEBLA DEL PRODUCTO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!

<b>INHALACION</b>	Corrosivo. Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
<b>PIEL</b>	Corrosivo. Dolor, enrojecimiento, quemaduras cutáneas graves.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
<b>OJOS</b>	Corrosivo. Dolor, enrojecimiento, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
<b>INGESTION</b>	Corrosivo. Dolor abdominal, sensación de quemazón, vómitos, colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, dar a beber agua abundante, NO provocar el vómito y proporcionar asistencia médica.
<b>DERRAMAS Y FUGAS</b>	<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>ENVASADO Y ETIQUETADO</b>	
Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes herméticos, NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de sustancias combustibles y reductoras, oxidantes fuertes, bases fuertes y alimentos y piensos (véanse Notas). Puede ser almacenado en contenedores de acero inoxidable (véanse Notas).	Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. símbolo C R: 35 S: (1/2-)26-30-45 Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II CE:	
<b>ICSC: 0362</b>		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	



## Fichas Internacionales de Seguridad Química

### ACIDO SULFURICO

ICSC: 0362

<b>D A T O S  I M P O R T A N T E S</b>	<p><b>ESTADO FISICO; ASPECTO</b> Líquido higroscópico, incoloro, aceitoso e inodoro.</p> <p><b>PELIGROS FISICOS</b></p> <p><b>PELIGROS QUIMICOS</b> Por combustión, formación de humos tóxicos de óxidos de azufre. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores. La sustancia es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva para la mayoría de metales más comunes, originando hidrógeno (gas inflamable y explosivo). Reacciona violentamente con agua y compuestos orgánicos con desprendimiento de calor (véanse Notas). Al calentar se forman humos (o gases) irritantes o tóxicos (óxido de azufre).</p> <p><b>LIMITES DE EXPOSICION</b> TLV (como TWA): 1 mg/m<sup>3</sup> (ACGIH 1993-1994). TLV (como STEL): 3 mg/m<sup>3</sup> (ACGIH 1993-1994).</p>	<p><b>VIAS DE EXPOSICION</b> La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.</p> <p><b>RIESGO DE INHALACION</b> La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire por pulverización.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION</b> La sustancia es corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación del aerosol de la sustancia puede originar edema pulmonar (véanse Notas).</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA</b> Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida al aerosol de esta sustancia. Si las exposiciones al aerosol de esta sustancia son repetidas o prolongadas existe el riesgo de presentar erosiones dentales.</p>
	<p><b>PROPIEDADES FISICAS</b></p> <p>Punto de ebullición (se descompone): 340°C Punto de fusión: 10°C Densidad relativa (agua = 1): 1.8</p>	<p>Solubilidad en agua: Miscible Presión de vapor, kPa a 146°C: 0.13 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.4</p>
	<p><b>DATOS AMBIENTALES</b></p>	<p> Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.</p>
	<b>NOTAS</b>	
<p>Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello, imprescindibles. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadirla al agua siempre lentamente. Almacenar en un área con suelo de hormigón resistente a la corrosión.</p> <p style="text-align: right;">Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-10B Código NFPA: H 3; F 0; R 2; W</p>		

INFORMACION ADICIONAL	
FISQ: 3-011 ACIDO SULFURICO	
<b>ICSC: 0362</b>	<b>ACIDO SULFURICO</b>
© CCE, IPCS, 1994	
<b>NOTA LEGAL IMPORTANTE:</b>	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

2. HIPOCLORITO DE SODIO (NaClO)

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

HIPOCLORITO DE SODIO (disolución >5%)

ICSC: 1119



HIPOCLORITO DE SODIO (disolución >5%)  
 Oxidocloruro sódico  
 NaClO  
 Masa molecular: 74.4

N°CAS7681-52-9  
 N°RTECSNH3486300  
 N°ICSC1119  
 N°NU1791  
 N° CE 017-011-00-1

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	No combustible. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	NO poner en contacto con sustancias combustibles (véanse Peligros Químicos).	
<b>EXPLOSION</b>			En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
<b>EXPOSICION</b>		-EVITAR TODO CONTACTO!	
<b>INHALACION</b>	Sensación de quemazón, tos, jadeo.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado y proporcionar asistencia médica.
<b>PIEL</b>	Enrojecimiento, dolor, ampollas.	Guantes protectores y traje de protección.	Aclarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo y proporcionar asistencia médica.
<b>OJOS</b>	Enrojecimiento, dolor,	Pantalla facial o protección	Enjuagar con agua abundante

	quemaduras profundas graves.	ocular combinada con la protección respiratoria.	durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
<b>INGESTION</b>	Calambres abdominales, sensación de quemazón, vómitos, debilidad, pérdida del conocimiento.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito y proporcionar asistencia médica.

<b>DERRAMAS Y FUGAS</b>	<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>ENVASADO Y ETIQUETADO</b>
Ventilar. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. (Protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de ácidos, alimentos y piensos, y sustancias incompatibles. Mantener en lugar fresco, oscuro y bien cerrado.	No transportar con alimentos y piensos. símbolo C R: 31-34 S: (1/2-)28-45-50 Nota: B Clasificación de Peligros NU: 8 CE:



**ICSC: 1119**


Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994



## Fichas Internacionales de Seguridad Química

### HIPOCLORITO DE SODIO (disolución >5%)

ICSC: 1119

<b>D A T O S  I M P O R T A N T E S</b>	<p><b>ESTADO FISICO; ASPECTO</b> Solución clara, entre verde y amarillo, de olor característico.</p> <p><b>PELIGROS FISICOS</b></p> <p><b>PELIGROS QUIMICOS</b> La sustancia se descompone al calentarla intensamente, en contacto con ácidos y bajo la influencia de luz, produciendo gases tóxicos y corrosivos, incluyendo cloro (véase FISO:). La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, originando peligro de incendio y explosión. La disolución en agua es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva. Ataca a muchos metales.</p> <p><b>LIMITES DE EXPOSICION</b> TLV no establecido.</p>	<p><b>VIAS DE EXPOSICION</b> La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y su aerosol y por ingestión.</p> <p><b>RIESGO DE INHALACION</b> No puede indicarse la velocidad a la que se alcanza una concentración nociva en el aire por evaporación de esta sustancia a 20°C.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION</b> La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación del aerosol puede originar edema pulmonar. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata (véanse Notas). Se recomienda vigilancia médica.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA</b> El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel (véanse Notas).</p>
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>	Densidad relativa (agua = 1): 1.21	Solubilidad en agua, g/100 ml a 0°C: 29.3
<b>DATOS AMBIENTALES</b>	 La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.	
<b>NOTAS</b>		
<p>En general, los blanqueadores que contienen una concentración de hipoclorito sódico del 5% tienen un pH= 11 y son irritantes. Si la concentración de hipoclorito sódico fuera superior al 10% la solución tiene un pH= 13 y es corrosiva. El hipoclorito de sodio no es un agente sensibilizante, aunque puede producir reacciones alérgicas raramente. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio). Nombres Comerciales: Chloros, Chlorox, Clorox, Deosan, Javex, Klorocin, Parozone, Purin B. Consultar también la ficha ICSC: 482.</p> <p>Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-45/80G12</p>		
<b>INFORMACION ADICIONAL</b>		
FISO: 5-108 HIPOCLORITO DE SODIO		

(disolución >5%)	
<b>ICSC: 1119</b>	<b>HIPOCLORITO DE SODIO (disolución &gt;5%)</b> © CCE, IPCS, 1994
<b>NOTA LEGAL IMPORTANTE:</b>	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

3. HIDRÓXIDO DE SODIO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

HIDROXIDO DE SODIO

ICSC: 0360



HIDROXIDO DE SODIO  
 Hidróxido sódico  
 Sosa cáustica  
 Sosa  
 NaOH  
 Masa molecular: 40.0

N°CAS1310-73-2  
 N°RTECSWB4900000  
 N°ICSC0360  
 N°NU1823  
 N° CE 011-002-00-6

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	No combustible. El contacto con la humedad o con el agua, puede generar el suficiente calor para producir la ignición de sustancias combustibles.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
<b>EXPLOSION</b>			
<b>EXPOSICION</b>		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
<b>INHALACION</b>	Corrosivo. Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.


<b>PIEL</b>	Corrosivo. Enrojecimiento, graves quemaduras cutáneas, dolor.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
<b>OJOS</b>	Corrosivo. Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria si se trata de polvo.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
<b>INGESTION</b>	Corrosivo. Dolor abdominal, sensación de quemazón, diarrea, vómitos, colapso.	No comer, ni beber ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, dar a beber agua abundante y proporcionar asistencia médica.
<b>DERRAMAS Y FUGAS</b>	<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>ENVASADO Y ETIQUETADO</b>	
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente adecuado, eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de ácidos fuertes, metales, alimentos y piensos, materiales combustibles. Mantener en lugar seco y bien cerrado (véanse Notas).	No transportar con alimentos y piensos. símbolo C R: 35 S: (1/2-)26-37/39-45 Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II	
<b>ICSC: 0360</b>			
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994			



## Fichas Internacionales de Seguridad Química

### HIDROXIDO DE SODIO

ICSC: 0360

<b>D A T O S  I M P O R T A N T E S</b>	<p><b>ESTADO FISICO; ASPECTO</b> Sólido blanco, deliquescente en diversas formas e inodoro.</p>	<p><b>VIAS DE EXPOSICION</b> La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.</p>
	<p><b>PELIGROS FISICOS</b></p>	<p><b>RIESGO DE INHALACION</b> La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire.</p>
	<p><b>PELIGROS QUIMICOS</b> La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva en ambientes húmedos para metales tales como cinc, aluminio, estaño y plomo originando hidrógeno (combustible y explosivo). Ataca a algunas formas de plástico, de caucho y de recubrimientos. Absorbe rápidamente dióxido de carbono y agua del aire. Puede generar calor en contacto con la humedad o el agua.</p>	<p><b>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION</b> Corrosivo. La sustancia es muy corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación del aerosol de la sustancia puede originar edema pulmonar (véanse Notas).</p>
	<p><b>LIMITES DE EXPOSICION</b> TLV: 2 mg/m<sup>3</sup> (valor techo) (ACGIH 1992-1993). PDK no establecido. MAK: clase G</p>	<p><b>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA</b> El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.</p>
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>	<p>Punto de ebullición: 1390°C Punto de fusión: 318°C Densidad relativa (agua = 1): 2.1</p>	<p>Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 109 Presión de vapor, kPa a 739°C: 0.13</p>
<b>DATOS AMBIENTALES</b>	<p> Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.</p>	
<b>NOTAS</b>		
<p>El valor límite de exposición laboral aplicable no debe superarse en ningún momento de la exposición en el trabajo. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello, imprescindibles. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadirla al agua siempre lentamente. Almacenar en una área que disponga de un suelo de hormigón, resistente a la corrosión.</p>		

Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-121 Código NFPA: H 3; F 0; R 1;	
<b>INFORMACION ADICIONAL</b>	
FISQ: 3-134 HIDROXIDO DE SODIO	
<b>ICSC: 0360</b>	<b>HIDROXIDO DE SODIO</b>
© CCE, IPCS, 1994	
<b>NOTA LEGAL IMPORTANTE:</b>	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

## **ANEXO 11:**

# **ESTUDIO DE EXPLOTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE OLORES**

## **A11. ESTUDIO DE EXPLOTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE OLORES**

---

Se realiza un estudio de explotación del sistema de tratamiento de olores, donde se cuantifican los gastos anuales necesarios para el funcionamiento de dicho sistema.

Los gastos considerados son los gastos fijos de explotación y los gastos variables. Para su cálculo, primeramente se definen los costes unitarios de reactivos y electricidad.

### **A11.1. COSTES UNITARIOS**

Los precios unitarios de los diferentes conceptos que se consideran en este estudio son:

#### **Reactivos**

- Ácido Sulfúrico al 40%:	0,36 €/kg
- Hipoclorito sódico comercial:	0,24 €/kg
- Hidróxido sódico 10%:	0,37 €/kg

#### **Energía Eléctrica**

Una vez analizadas la potencia instalada y los consumos se estima una tarifa media o de referencia, con un término de energía de 0,07644 €/KWh y un término de potencia de 1,5665 €/KWmes.



## A11.2. COSTES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE OLORES

### A11.2.1. Relación de Potencias y consumos de equipos

Tabla 1. Potencias y consumos

Consumidor	Potencia instalada (KW/ud)	Nº ud. instaladas	Nº ud. servicio	Potencia absorbida (KW/ud)	Pot. Total absorbida (KW)	Horas media funcionamiento (h/día)	Consumo diario (KWh/día)
Ventilador	15	1	1	11,25	11,25	20	225
Bomba Recirculación	5,5	2	2	5,5	11	15	165
Bomba Dosificadora	0,60	3	3	0,60	1,80	10	18
<b>TOTAL SISTEMA</b>					<b>24,05</b>		<b>408</b>

### A11.2.2. Gastos fijos de explotación

#### A11.2.2.1. Mantenimiento y conservación

En este apartado se consideran los gastos anuales propios del mantenimiento y conservación rutinaria del sistema de tratamiento de olores.

Como tales gastos se considerarán los siguientes:

- Mantenimiento de tuberías y estructuras.
- Reparaciones mecánicas y eléctricas.
- Aceites y grasas.

Se supone que para estas acciones enumeradas anteriormente se necesitarán 1 hora-hombre al día, lo que hace un total de 365 horas-hombre al año. Siendo el coste de la hora-hombre de 7 €, se tiene un **gasto de mantenimiento y conservación total de 2555 € al año.**

### **A11.2.2.2. Gastos fijos de electricidad (término de potencia)**

En este apartado se considera el canon fijo de potencia.

El total de potencia absorbida en la instalación como se observa en la tabla 1 es de 24,05 KW, por lo que la potencia contratada será de 25 KW.

Canon potencia: 1,5665 €/KWmes

El gasto fijo mensual de electricidad vendrá dado por la multiplicación del término de potencia por la potencia contratada resultando 39,16 € al mes.

**Total gasto fijo anual de electricidad 469,95 €/año**

En el cálculo de estos gastos por la potencia contratada no se han considerado recargos.

### **A11.2.3. Gastos variables de explotación**

#### **A11.2.3.1. Reactivos**

Los reactivos considerados en el proceso de desodorización son:

#### **Ácido sulfúrico 40%**

- Densidad del producto:	1,3065 $\frac{\text{kg}}{\text{L}}$
- Consumo de reactivo:	0,44 L/h
- Horas de funcionamiento:	10 horas
- Consumos diarios:	5,75 kg/día
- Coste del reactivo:	0,36 €/kg

**Total gasto anual de Ácido sulfúrico 40% 755,36 €/año**

### **Hipoclorito sódico comercial**

- Densidad del producto:	1,230 $\frac{\text{kg}}{\text{L}}$
- Consumo de reactivo:	7,2 kg/h
- Horas de funcionamiento:	10 horas
- Consumos diarios:	72 kg/día
- Coste del reactivo:	0,24 €/kg

**Total gasto anual de Hipoclorito sódico comercial 6.307,20 €/año**

### **Hidróxido sódico 10%**

- Densidad del producto:	1,113 $\frac{\text{kg}}{\text{L}}$
- Consumo de reactivo:	0,079 kg/h
- Horas de funcionamiento:	10 horas
- Consumos diarios:	0,79 kg/día
- Coste del reactivo:	0,37 €/kg

**Total gasto anual de Hipoclorito sódico comercial 106,69 €/año**

### **A11.2.2.2. Gastos variables de electricidad (término de energía)**

En este apartado se considera el coste variable del término de energía.

- Término de energía:	0,07644 €/KWh
- Consumo medio diario:	408 KWh/día
- Coste diario:	31,19 €/día

**Total gasto variable anual de electricidad 11.383,45 €/año**

**A11.2.4. Resumen gastos de explotación**

**GASTOS FIJOS**

Mantenimiento y conservación	2.555,00	€/año
Electricidad	469,95	€/año
<b>TOTAL</b>	<b>3.024,95</b>	<b>€/año</b>

**GASTOS VARIABLES**

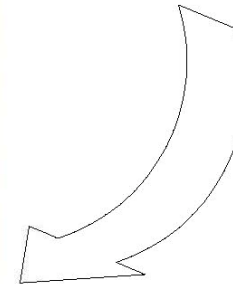
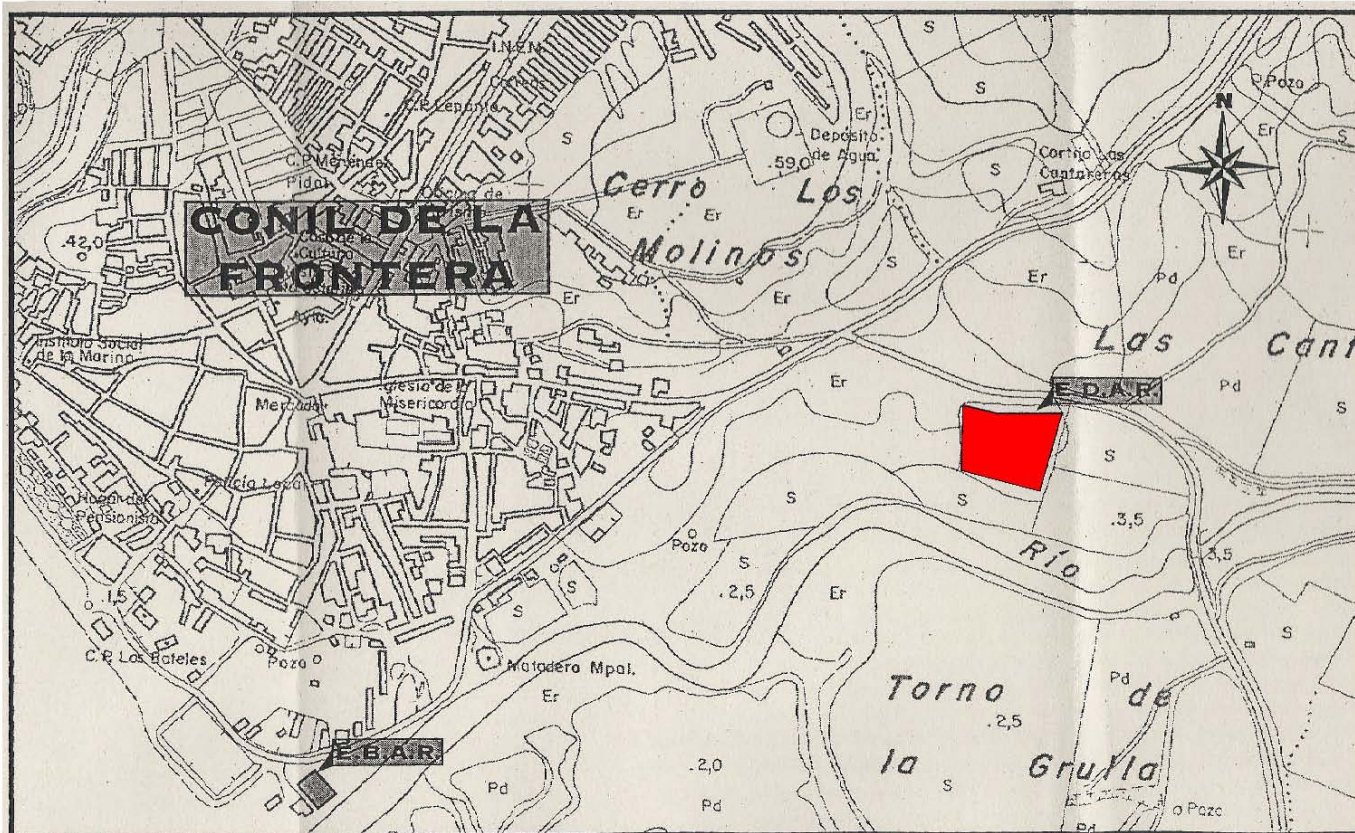
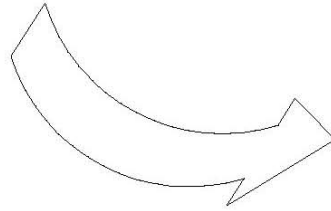
Reactivos	7.169,25	€/año
Electricidad	11.383,45	€/año
<b>TOTAL</b>	<b>18.552,70</b>	<b>€/año</b>

**GASTOS TOTALES**

<b>Gastos fijos</b>	3.024,95	€/año
<b>Gastos variables</b>	18.552,70	€/año
<b>TOTAL</b>	<b>21.577,65</b>	<b>€/año</b>

**DOCUMENTO N° 2:**

**PLANOS**



## UNIVERSIDAD DE CADIZ

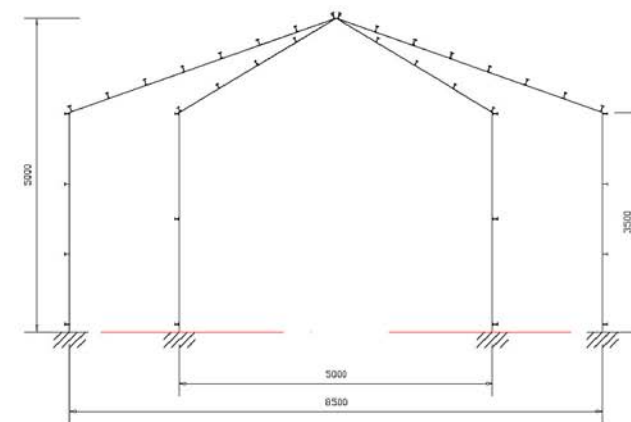
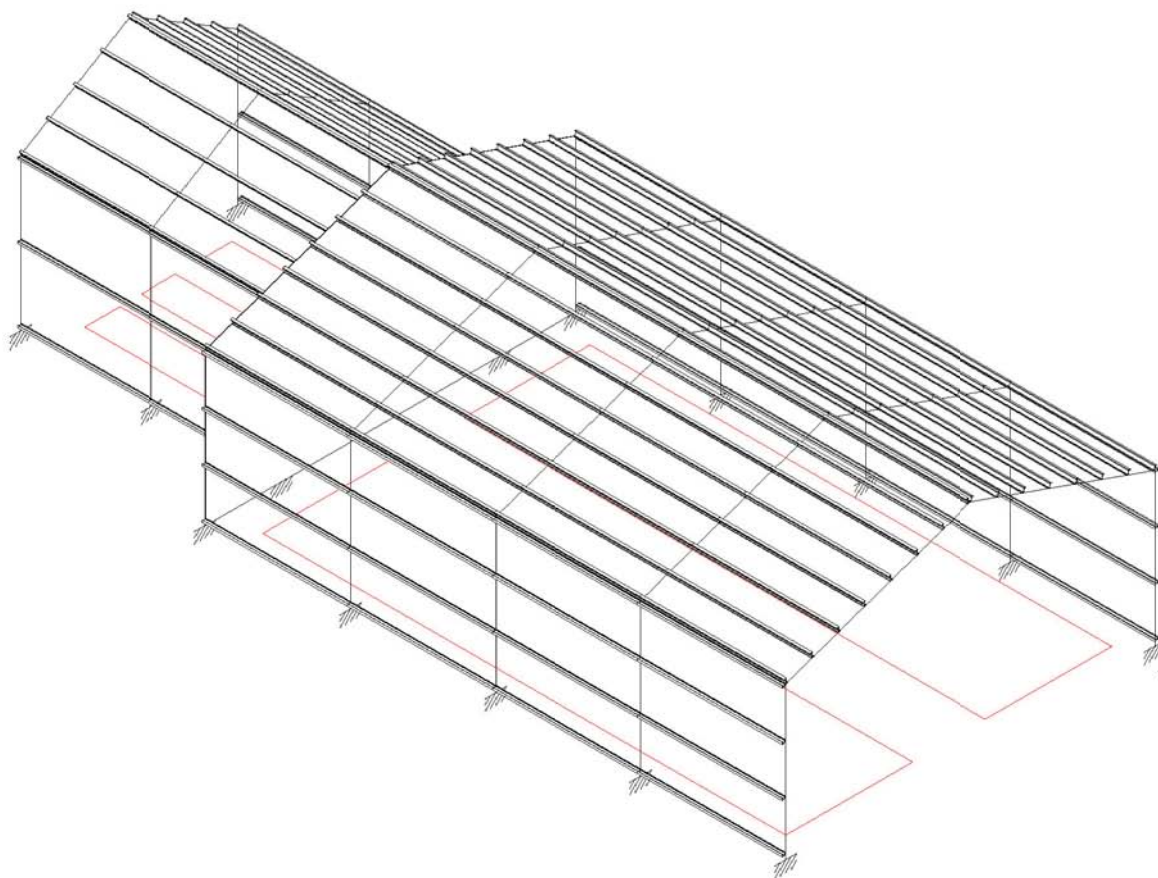
Redimensionamiento y tratamiento de olores para la EDAR de Conil de la Frontera

Nº Plano: 1 Descripción: Localización EDAR

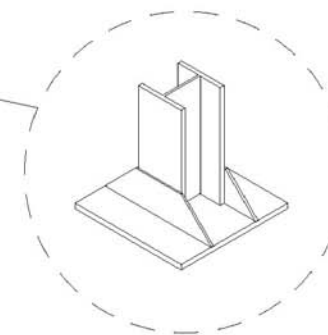
Escala: S/E Fecha: Junio-2007 Firma:

Autor: José Antonio Leal Gallardo





**ALZADO**



**DETALLE ANCLAJE**

Cubierta para desodorización del desarenado  
 Separación entre pórticos (m): 3.33  
 Tipo de Acero: S275

Correas en cubiertas  
 Tipo de perfil: IPN-100  
 Separación: 0.60 m.  
 Número de correas: 16  
 Peso lineal: 133.14 Kg/m

Correas en laterales  
 Tipo de perfil: IPN-80  
 Separación: 1.10 m.  
 Número de correas: 8  
 Peso lineal: 47.60 Kg/m

Cubierta para desodorización del desbaste  
 Separación entre pórticos (m): 3.00  
 Tipo de Acero: S275

Correas en cubiertas  
 Tipo de perfil: IPN-80  
 Separación: 0.70 m.  
 Número de correas: 10  
 Peso lineal: 59.50 Kg/m

Correas en laterales  
 Tipo de perfil: IPN-80  
 Separación: 1.80 m.  
 Número de correas: 6  
 Peso lineal: 35.70 Kg/m

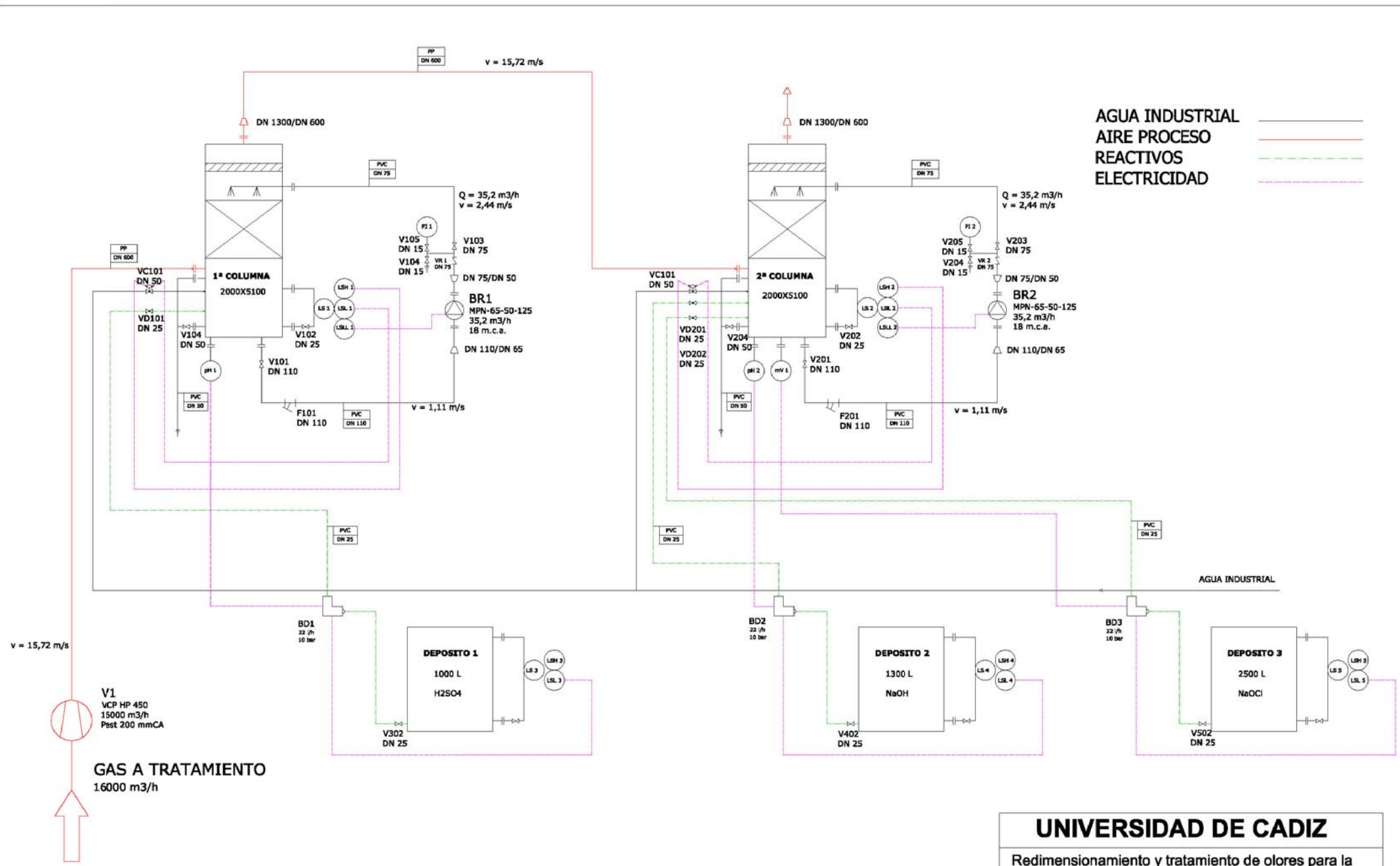
**UNIVERSIDAD DE CADIZ**

**Redimensionamiento y tratamiento de olores para la EDAR de Conil de la Frontera**

Nº Plano: 2 Descripción: Cubierta Desbaste y Desarenador

Escala: S/E Fecha: Junio-2007 Firma:

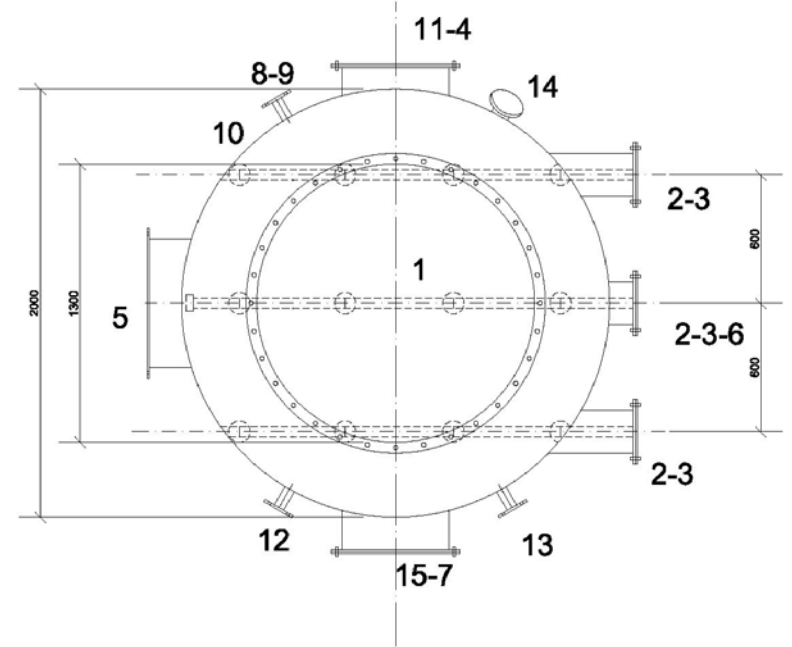
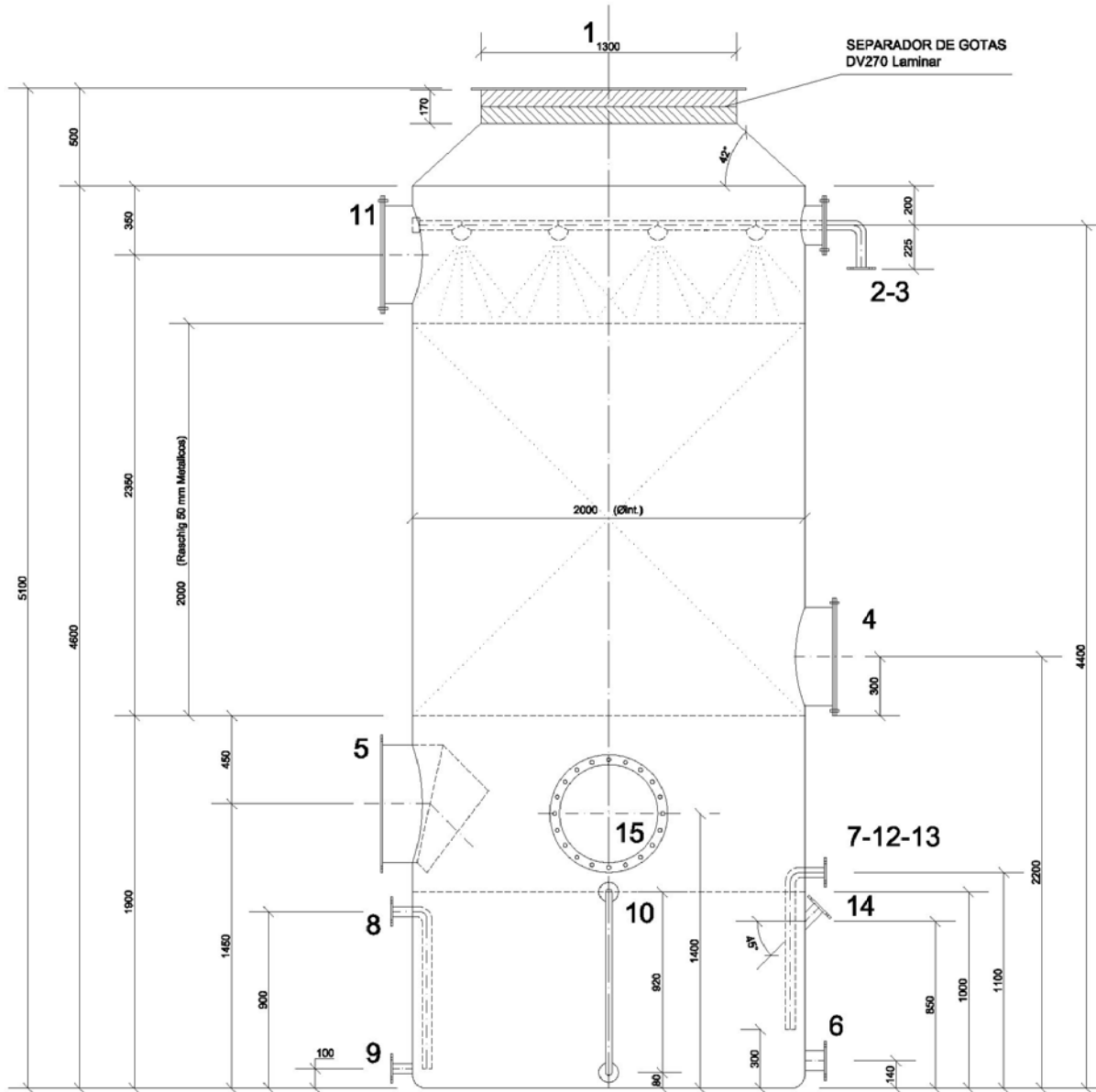
Autor: **José Antonio Leal Gallardo**



<b>UNIVERSIDAD DE CADIZ</b>		
Redimensionamiento y tratamiento de olores para la EDAR de Conil de la Frontera		
Nº Plano: 3	Descripción: Diagrama de flujo	
Escala: S/E	Fecha: Junio-2007	Firma:
Autor: José Antonio Leal Gallardo		



# ALZADO



# PLANTA

INDICADOR	DN	DESCRIPCIÓN TUBULADURA
1	1300	SALIDA DE AIRE
2	200	ENTRADA RAMPA
3	75	ALIMENTACIÓN LÍQUIDO
4	400	DESCARGA DE RELLENO
5	600	ENTRADA DE AIRE
6	110	ASPIRACIÓN BOMBA
7	50	ENTRADA DE AGUA
8	50	REBOSE
9	50	VACIADO
10	25	NIVEL VISUAL
11	500	CARGA DE RELLENO
12	25	APORTACIÓN REACTIVO
13	50	RESERVA
14	60	SONDA PH
15	500	BOCA DE REGISTRO

## UNIVERSIDAD DE CADIZ

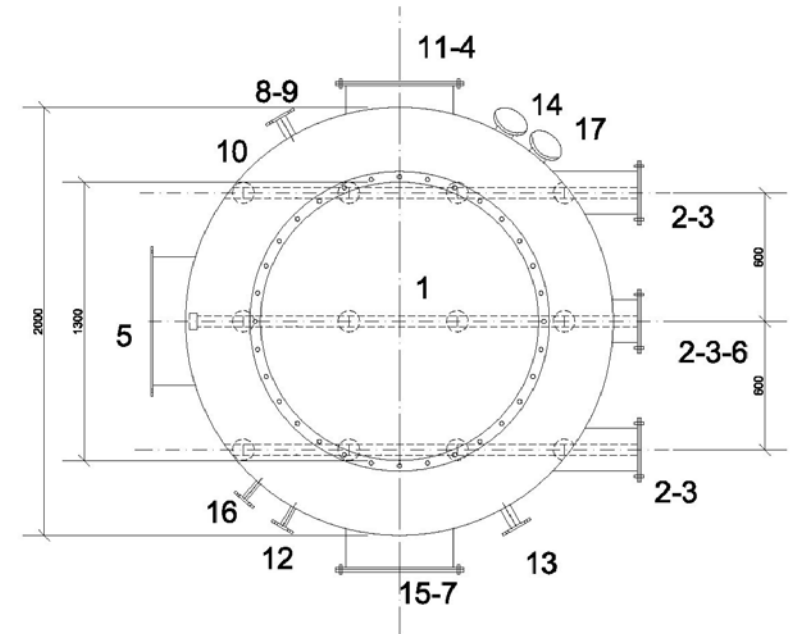
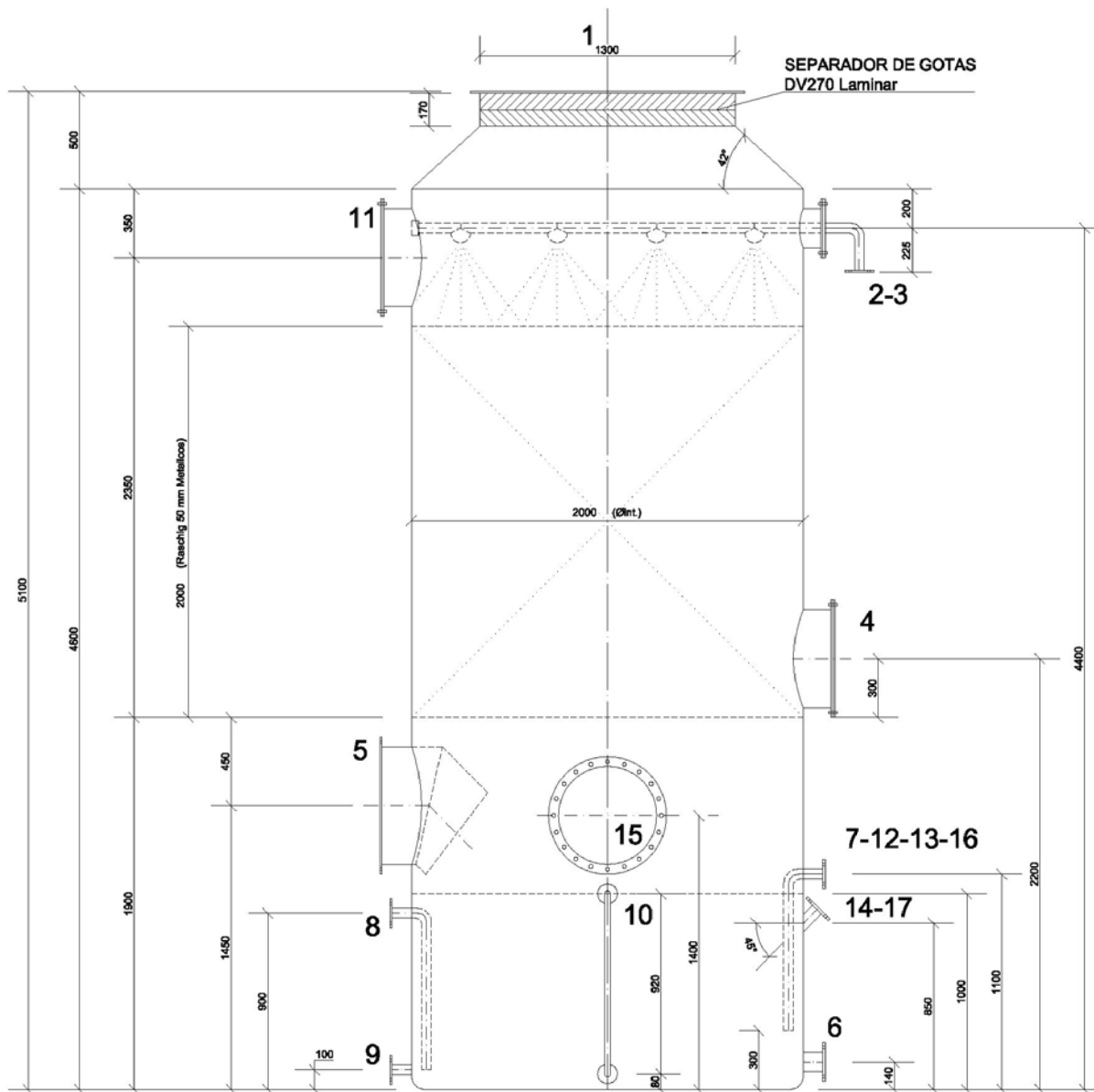
Redimensionamiento y tratamiento de olores para la EDAR de Conil de la Frontera

Nº Plano: 4 Descripción: Columna 1 cotas

Escala 1:25 Fecha: Junio-2007 Firma:

Autor: José Antonio Leal Gallardo

# ALZADO



# PLANTA

INDICADOR	DN	DESCRIPCIÓN
		<b>TUBULADURA</b>
1	1300	SALIDA DE AIRE
2	200	ENTRADA RAMPA
3	75	ALIMENTACIÓN LÍQUIDO
4	400	DESCARGA DE RELLENO
5	600	ENTRADA DE AIRE
6	110	ASPIRACIÓN BOMBA
7	50	ENTRADA DE AGUA
8	50	REBOSE
9	50	VACIADO
10	25	NIVEL VISUAL
11	500	CARGA DE RELLENO
12	25	APORTACIÓN REACTIVO
13	50	APORTACIÓN REACTIVO
14	60	SONDA PH
15	500	BOCA DE REGISTRO
16	25	APORTACIÓN REACTIVO
17	60	SONDA mV

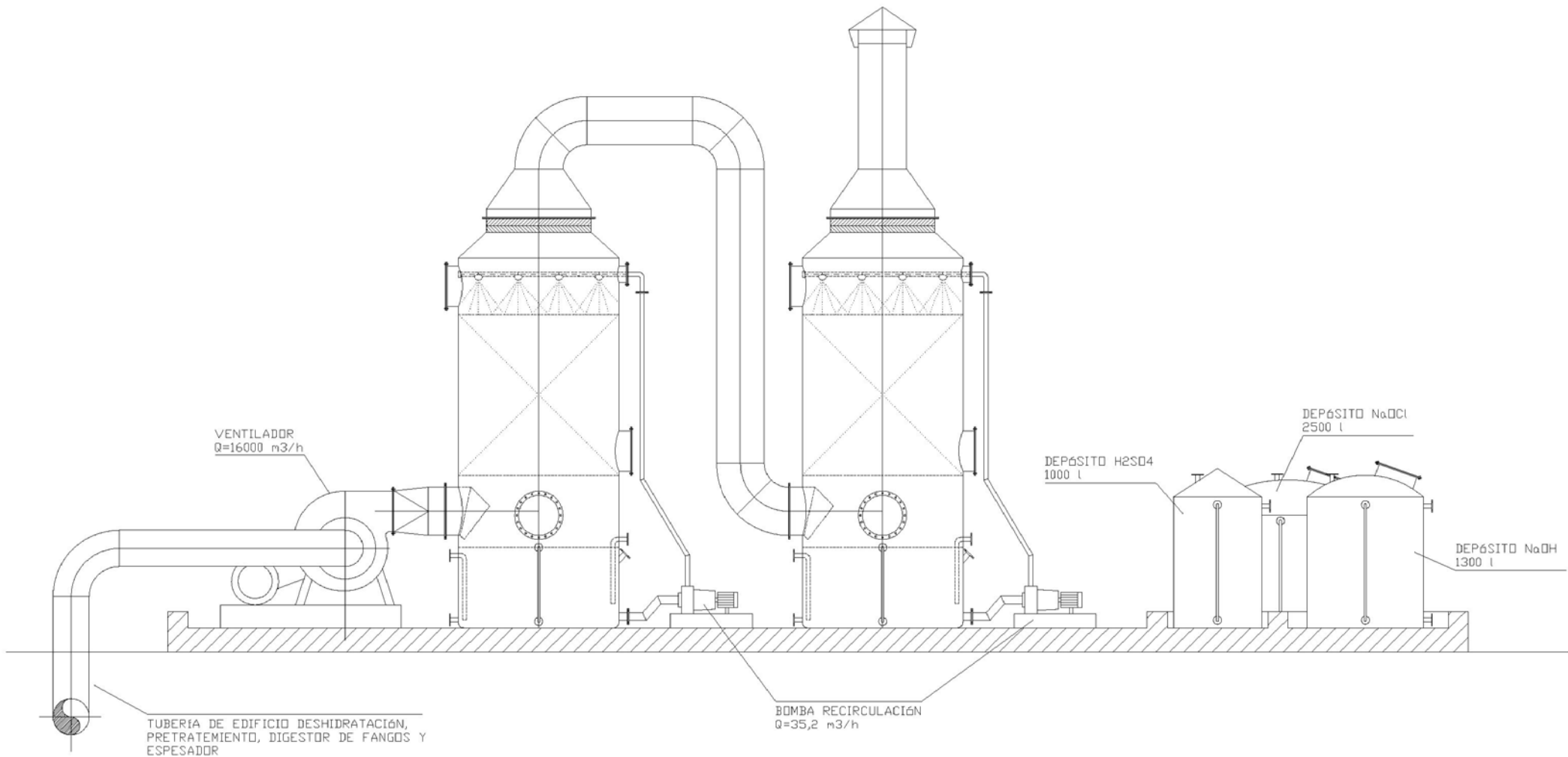
## UNIVERSIDAD DE CADIZ

Redimensionamiento y tratamiento de olores para la EDAR de Conil de la Frontera

Nº Plano: 5 Descripción: Columna 2 cotas

Escala: 1:25 Fecha: Junio-2007 Firma:

Autor: José Antonio Leal Gallardo



TUBERÍA DE EDIFICIO DESHIDRATACIÓN,  
PRETRATAMIENTO, DIGESTOR DE FANGOS Y  
ESPESADOR

VENTILADOR  
Q=16000 m<sup>3</sup>/h

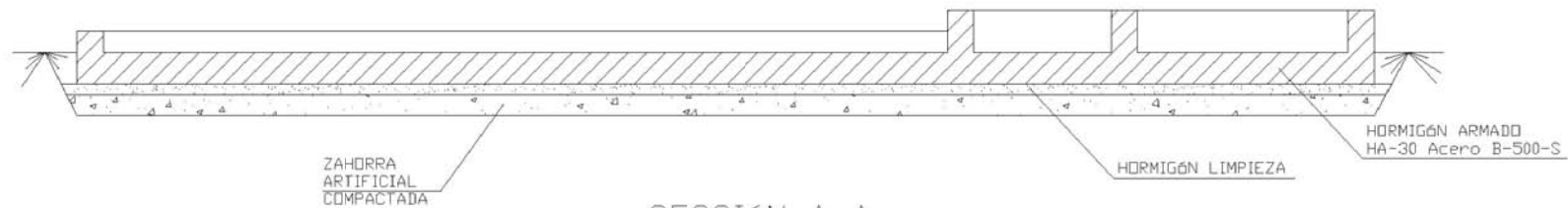
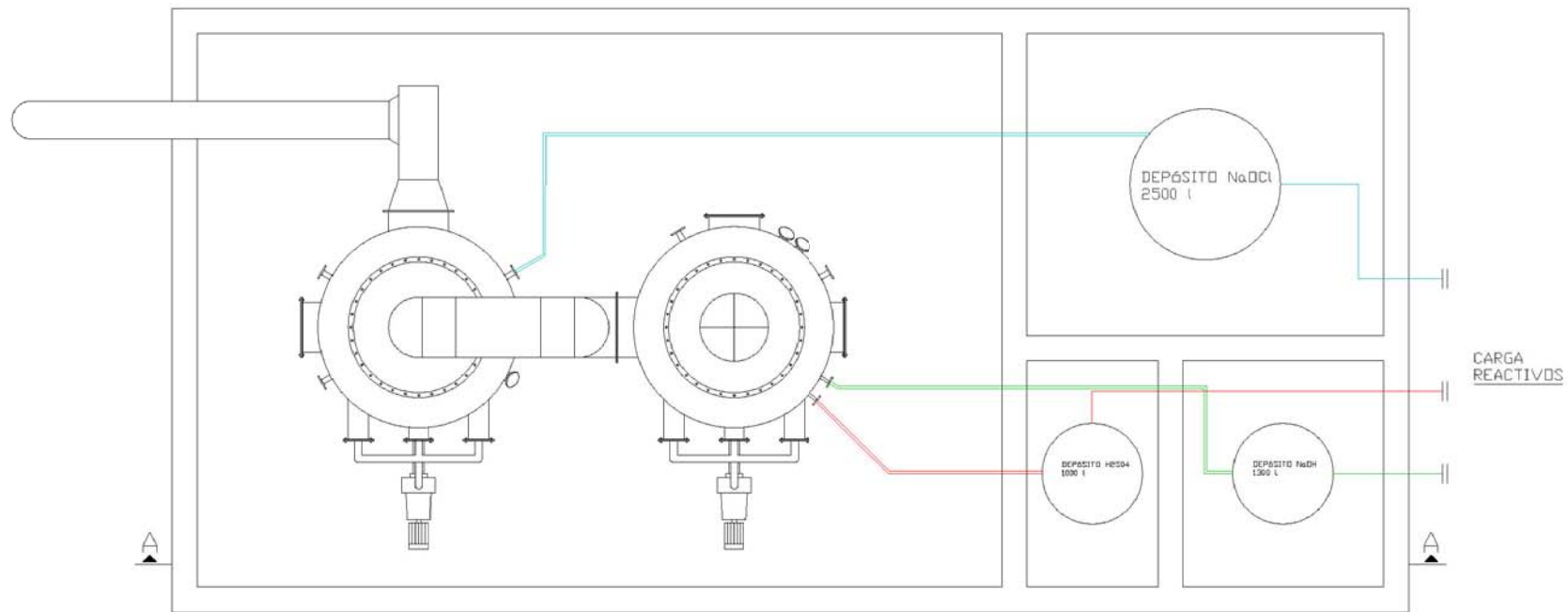
BOMBA RECIRCULACIÓN  
Q=35,2 m<sup>3</sup>/h

DEPÓSITO H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
1000 l

DEPÓSITO NaOCl  
2500 l

DEPÓSITO NaOH  
1300 l

<b>UNIVERSIDAD DE CADIZ</b>			
<b>Redimensionamiento y tratamiento de olores para la EDAR de Conil de la Frontera</b>			
Nº Plano: 6	Descripción: Sistema desodorización, ALZADO		
Escala: 1:50	Fecha: Junio-2007	Firma:	
Autor: <b>José Antonio Leal Gallardo</b>			



SECCIÓN A-A

<b>UNIVERSIDAD DE CADIZ</b>			
Redimensionamiento y tratamiento de olores para la EDAR de Conil de la Frontera			
Nº Plano: 7	Descripción: Sistema desodorización, PLANTA		
Escala: 1:50	Fecha: Junio-2007	Firma:	
Autor: José Antonio Leal Gallardo			

**DOCUMENTO N° 3:**

**PLIEGO DE CONDICIONES**

## **1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO**

### **1.1. Interpretación del siguiente pliego**

El presente pliego tiende a unificar criterios y establecer normas definidas en las obras que se realizarán en el presente proyecto. Se establecen los criterios que se han de aplicar en la ejecución de las obras; también se fijan las características y ensayos de los materiales a emplear, las normas que se han de seguir en la ejecución de las distintas unidades de obra, las pruebas previstas para la recepción, las formas de medida y abono de las obras y el plazo de garantía.

### **1.2. Objeto del pliego**

El pliego incluye las prescripciones técnicas que han de regir en la ejecución de las obras del presente proyecto, así como las condiciones facultativas, económicas y legales.

Son objeto de estudio todas las obras incluidas en el presupuesto, abarcando todos los oficios y materiales que se emplearán en ella.

### **1.3. Documentos que definen la obra.**

Son cinco los documentos que definen la obra: Memoria Descriptiva, Anexos a la Memoria, Planos, Pliego de Condiciones y Presupuesto.

En la Memoria Descriptiva se describen con detalle las obras e instalaciones.

En los Anexos a la Memoria o Memoria Técnica se reflejan todos los cálculos y estudios teóricos necesarios para la realización del proyecto, así como los datos técnicos de los equipos.

En los Planos se define la situación de la planta así como el diseño de las instalaciones.

En el Pliego de Condiciones se presenta una descripción de las obras.

En el Presupuesto se definen, especificando su número, las unidades de obra completas.

El contratista encargado de la realización de las obras estará obligado a seguir estrictamente todo lo especificado en el presente pliego.

#### **1.4. Alcance de la documentación.**

Los diversos anexos y documentos del presente proyecto se complementan mutuamente. En consecuencia, una obra que venga indicada en los planos y presupuesto y que no venga indicada en los otros documentos, debe ser ejecutada por el contratista sin indemnización alguna por parte del propietario. Lo mismo se entiende para todos los trabajos accesorios no indicados en planos y documentos, pero generalmente admitidos como necesarios al complemento normal de ejecución de una obra de calidad irreprochable.

#### **1.5. Compatibilidad y relación entre dichos documentos.**

Los cinco documentos que definen este proyecto son compatibles entre sí y además se complementan unos a otros. Se ha de procurar que sólo con la ayuda de los Planos y del Pliego de Condiciones se pueda ejecutar totalmente el proyecto.

En cuanto al orden de prioridad dependerá del aspecto que se considere. Si se mira desde un punto de vista técnico - teórico, el documento más importante es la Memoria General y en especial la Memoria de Cálculo, seguido de los Planos. Si se mira desde el punto de vista jurídico - legal, será el Pliego de Condiciones el documento más importante.

#### **1.6. Disposiciones a tener en cuenta.**

El Adjudicatario deberá atenerse en la adjudicación de la obra a las condiciones especiales dadas en los documentos que a continuación se expresan, respecto a condiciones de los materiales y forma de ejecutar los trabajos y ensayos a que deben ser sometidos:

***Estructuras de hormigón, fábricas, solados...***

- Norma MV-101/1962. "Acciones en la Edificación". Decreto 195/1963 del Mº de la Vivienda.
- Ley 6/1998, de 13 de Abril, sobre régimen del suelo y valoraciones.
- Ley 1/1997, de 18 de Junio, por la que se adoptan con carácter urgente y transitorio disposiciones en materia de régimen de suelo y ordenación urbana en Andalucía.
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
- Norma EH-91: "Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón en Masa y Armado".
- Norma Básica de la Edificación NBE-FL-90. "Muros resistentes de Fábricas de Ladrillo" R.D. 1723/1990 de 20 de Diciembre (BOE 4.1.91).
- Norma de construcción sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-94). R.D. 2543/1994 de 29 de Diciembre (BOE 8.2.1996).

***Abastecimiento de aguas y vertido.***

- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tubería de abastecimiento de agua. Orden del MOPU de 28 de Julio (BOE 2.10.74 – 3.10.74 – 30-10-74).
- Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua del Mº de Industria.

***Instalaciones eléctricas.***

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Normas Técnicas de Construcción y Montaje de las Instalaciones Eléctricas de Distribución.



***Estructuras de Acero.***

- Norma NBE EA - 95. "Estructuras de Acero en Edificación". R.D. 1829/1995, de 1995.
- Normas Tecnológicas de la Edificación.

***Medio ambiente.***

- Norma Básica de Edificación NBE-CA-88 sobre condiciones acústicas en los edificios. Orden del MOPU de 29 de Septiembre de 1988 (BOE 7.9.81 – 3.9.82 – 7-10.82 – 8.10.88).
- Ley 7/1994 de 18 de Mayo, de Protección Ambiental.
- Decreto 153/1996 de 30 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento de Informe Ambiental.

***Seguridad y Salud.***

- Ley de 31/1995, de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

## **2. CONDICIONES GENERALES.**

### **2.1. Condiciones generales facultativas.**

#### **2.1.1. Dirección facultativa.**

##### *Artículo 1. Dirección facultativa.*

La Dirección Facultativa de las obras e instalaciones recaerá en el Ingeniero que suscribe, salvo posterior acuerdo con la Propiedad.

##### *Artículo 2. Facultades de la dirección facultativa.*

Además de las facultades particulares que corresponden a la Dirección Facultativa, expresadas en los artículos siguientes, es misión específica suya la dirección y vigilancia de los trabajos que se realicen, con autoridad técnica legal, completa e indiscutible sobre las personas y cosas situadas en obra y con relación con los trabajos que para la ejecución del contrato se lleven a cabo pudiendo incluso con causa justificada, recusar en nombre de la propiedad al Contratista, si considera que el adoptar esta solución es útil y necesario para la debida marcha de la obra.

Con este fin el Contratista se obliga a designar sus representantes de obra, los cuales atenderán en todas las observaciones e indicaciones de la Dirección Facultativa, asimismo el Contratista se obliga a facilitar a la Dirección Facultativa la inspección y vigilancia de todos los trabajos y a proporcionar la información necesaria sobre el incumplimiento de las condiciones de la contrata y el ritmo de realización de los trabajos, tal como está previsto en el plan de obra.

A todos estos efectos el Adjudicatario estará obligado a tener en la obra durante la ejecución de los trabajos el personal técnico, los capataces y encargados necesarios que a juicio de la Dirección Facultativa sean necesarios para la debida conducción y vigilancia de las obras e instalaciones.

*Artículo 3. Responsabilidades de la dirección facultativa por el retraso de la obra.*

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplimentado los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos y órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que la Contrata, en uso de las facultades que en este artículo se le conceda los haya solicitado por escrito a la Dirección Facultativa y éste no los haya entregado. En este único caso, el Contratista quedará facultado para recurrir entre los amigables componedores previamente designados, los cuales decidirán sobre la procedencia o no del requerimiento; en caso afirmativo, la Dirección Facultativa será la responsable del retraso sufrido, pero únicamente en las unidades de obra afectadas por el requerimiento del Contratista y las subsiguientes que con ellas estuviesen relacionadas.

*Artículo 4. Cambio del director de obra.*

Desde que se dé inicio a las obras, hasta su recepción provisional, el Contratista designará un jefe de obra como representante suyo autorizado, que cuidará que los trabajos sean llevados con diligencia y competencia. Este jefe estará expresamente autorizado por el Contratista para percibir notificaciones de las órdenes de servicios y de las instrucciones escritas o verbales emitidas por la Dirección Facultativa y para asegurar que dichas órdenes se ejecuten. Asimismo estará expresamente autorizado para firmar y aceptar las mediciones realizadas por la Dirección Facultativa.

Cualquier cambio que el Contratista desee efectuar respecto a su representante y personal cualificado y en especial del jefe de obra deberá comunicarlo a la Dirección Facultativa, no pudiendo producir el relevo hasta la aceptación de la Dirección Facultativa de las personas designadas.

Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán válidas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados y empresarios de las obras, y en ausencia de todos ellos, las depositadas en la residencia designada como oficial del Contratista en el contrato de adjudicación, aún en ausencia o negativa del recibo por parte de los dependientes de la Contrata.

### **2.1.2. Obligaciones y derechos del contratista.**

#### *Artículo 5. Obligaciones y derechos del contratista.*

El Director de Obra podrá exigir al Contratista la necesidad de someter a control todos los materiales que se han de colocar en las obras, sin que este control previo sea una recepción definitiva de los materiales. Igualmente tiene el derecho a exigir cuantos catálogos certificados, muestras y ensayos que estime oportunos para asegurarse de la calidad de los materiales.

Una vez adjudicados la obra definitiva y antes de su instalación, el Contratista presentará al técnico encargado, los catálogos, muestra, etc. Que se relacionen en este pliego, según los distintos materiales. No se podrán emplear materiales sin que previamente hayan sido aceptados por la Dirección de Obra. Si el fabricante no reúne la suficiente garantía a juicio del Director de Obra, antes de instalarse comprobará sus características en un laboratorio oficial, en el que se realizarán las pruebas necesarias.

El control previo no constituye su recepción definitiva pudiendo ser rechazados por la Dirección de la Obra aun después de colocados si no cumplen con las condiciones exigibles en el presente Pliego de Condiciones debiendo ser reemplazados por otros que cumplan con las calidades exigibles y a cargo de la Contrata.

#### *Artículo 6. Remisión por solicitud de ofertas.*

Por la Dirección facultativa se solicitarán ofertas a las Empresas especializadas del sector, para la realización de las instalaciones especificadas en el presente proyecto, para lo cual se pondrá a disposición de los ofertantes un ejemplar del citado proyecto o un extracto con los datos suficientes. En caso de que el ofertante lo estime de interés deberá presentar además de la mencionada, la o las soluciones que recomiende para resolver la instalación.

El plazo máximo fijado para la recepción de las ofertas será de un mes.

*Artículo 7. Presencia del Contratista en la obra.*

El Contratista, por si o por medio de sus representantes o encargados estará en la obra durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la Dirección Facultativa en las visitas que hará en la obra durante la jornada laboral.

Por si, o por medio de sus representantes asistirá a las reuniones de obra que se convoquen, no pudiendo justificar por motivo de ausencia ninguna reclamación a las órdenes cruzadas por la Dirección Facultativa en el transcurso de las reuniones.

*Artículo 8. Oficina de obra.*

El Contratista habilitará una oficina de obra en la que existirá una mesa o tablero adecuado, para extender y consultar sobre él los planos. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista una copia autorizada de todos los documentos del proyecto que le hayan sido facilitados por la Dirección facultativa y el libro de órdenes.

*Artículo 9. Residencia del contratista.*

Desde que se dé comienzo a las obras hasta su recepción definitiva, el Contratista o un representante suyo autorizado deberá residir en un punto próximo al de ejecución de los trabajos y no podrá ausentarse de él sin previo conocimiento de la Dirección facultativa y notificándole expresamente la persona que, durante su ausencia, le ha de representar en todas sus funciones. Cuando se falte a lo anteriormente prescrito, se considerarán validas las notificaciones que se efectúen al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados u operarios de cualquier ramo que, como dependientes de la Contrata, intervengan en las obras y, en ausencia de ellos, las depositadas en la residencia, designada como oficial, de la Contrata en los documentos del proyecto, aún en ausencia o negativa por parte de los dependientes de la Contrata.

*Artículo 10. Recusación por el contratista del personal nombrado por la Dirección facultativa.*

El Contratista no podrá recusar al personal técnico de cualquier índole, dependiente de la Dirección facultativa o de la propiedad, encargado de la vigilancia de las obras, ni pedir por parte de la propiedad que se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones. Cuando se crea perjudicado con los resultados de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo 12, pero sin que, por esta causa, pueda interrumpirse la marcha de los trabajos.

### **2.1.3. Trabajos, materiales y medios auxiliares.**

*Artículo 11. Libro de órdenes.*

El Contratista tendrá siempre en la oficina de la obra y a su disposición de la Dirección Facultativa un libro de órdenes con sus hojas foliadas por duplicado y visado por el colegio profesional correspondiente. En el libro se redactarán todas las órdenes que la Dirección Facultativa crea oportuno dar al Contratista para que adopte las medidas de todo género que puedan sufrir los obreros.

Cada orden deberá ser firmada por la Dirección Facultativa y por el Contratista o por su representante en obra, la copia de cada orden quedará en poder de la Dirección Facultativa.

El hecho de que en el libro no figuren redactadas las órdenes que ya preceptivamente tienen la obligación de cumplimentar el Contratista de acuerdo con lo establecido en las normas oficiales, no supone atenuante alguno para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista, no podrá tener en cuenta ningún acontecimiento o documento que no haya quedado mencionado en su momento oportuno en el libro de órdenes.

*Artículo 12. Reclamaciones contra la Dirección Facultativa.*

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes de la Dirección Facultativa sólo podrán presentarlas a través de la misma ante la Propiedad, si ellas son de orden económico y de acuerdo con condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes; contra disposiciones de orden técnico o facultativo de la Dirección Técnica, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar sus responsabilidades, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida a la Dirección Facultativa la cuál podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

*Artículo 13. Despidos por insubordinación, incapacidad y mala fe.*

Por falta de respeto y obediencia a la Dirección Facultativa o al personal encargado de la vigilancia de las obras, por manifiesta incapacidad, o por actos que comprometan o perturben la marcha de los trabajos y su seguridad, el contratista tendrá obligación de despedir a sus dependientes y operarios a requerimiento de la Dirección Facultativa.

*Artículo 14. Orden de los trabajos.*

El Director de Obra fijará el orden a seguir en la realización de las distintas partes que componen este Proyecto, así como las normas a seguir en todo lo no regulado en el presente Proyecto.

En general, la determinación del orden de los trabajos será facultad potestativa de la Contrata, salvo aquellos casos en que, por cualquier circunstancia de orden técnico o facultativo, la Dirección estime conveniente su variación.

Estas órdenes deberán comunicarse precisamente por escrito a la Contrata y ésta estará obligada a su estricto cumplimiento, siendo directamente responsable de cualquier daño o perjuicio que pudiera sobrevenir por su incumplimiento.

*Artículo 15. Replanteo.*

Antes de dar comienzo las obras, la Dirección Facultativa auxiliada del personal subalterno necesario y en presencia del Contratista o de su representante, procederá al replanteo general de la obra. Una vez finalizado el mismo, se levantará acta de comprobación del replanteo.

Los replanteos de detalle se llevarán a cabo de acuerdo con las instrucciones y órdenes de la Dirección Facultativa, quien realizará las comprobaciones necesarias en presencia del Contratista o de su representante.

El Contratista se hará cargo de las estacas, señales y referencias que se dejen en el terreno como consecuencia del replanteo.

El contratista está obligado a satisfacer los gastos de replanteo, tanto en general como parciales, y sucesivas comprobaciones. Asimismo, serán de cuenta del contratista los que originen el alquiler o adquisición de los terrenos para depósitos de maquinaria y materiales, los de protección de materiales y obra contra todo deterioro, daño e incendio, cumpliéndose los requisitos vigentes para almacenamiento de carburantes desde los puntos de vista de seguridad y accidentes, los de limpieza y evacuación de los desperdicios, basura, escombros, etc., los motivados por desagües y señalización y demás recursos.

También serán de cuenta del Contratista los gastos totales de Dirección Facultativa y desplazamiento de personal y material para la inspección y vigilancia, recepción y liquidación.

*Artículo 16. Comienzo de las obras.*

El contratista deberá dar comienzo a las obras en el plazo marcado en el Contrato de adjudicación de la obra desarrollándose en las formas necesarias para que dentro de los periodos parciales en aquel reseñados, queden ejecutadas las obras correspondientes y que, en consecuencia la ejecución total, se lleve a cabo dentro del plazo exigido por el Contrato.



Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta a la Dirección Facultativa del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación. Previamente se habrá suscrito el acta de replanteo en las condiciones establecidas en el artículo 15.

*Artículo 17. Plazo de ejecución.*

Los plazos de ejecución total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo, que no exceda de 7 días a partir de la fecha de la contrata, y deberán quedar terminadas en el plazo improrrogable de 3 meses, contados a partir de la fecha del acta de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables. No obstante además de lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el Contrato.

Si por cualquier causa ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director Obra la prórroga estrictamente necesaria.

*Artículo 18. Condiciones generales de ejecución de los trabajos.*

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto que haya servido de base a la Contrata a las modificaciones del mismo que, previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue la Dirección Facultativa al Contratista siempre que éstas encajen dentro de la cifra a que ascienden los presupuestos aprobados.

*Artículo 19. Trabajos defectuosos.*

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan con las condiciones exigidas en las condiciones generales de índole técnico del Pliego de Condiciones en la edificación y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la obra, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle la excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que la Dirección Facultativa o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando la Dirección Facultativa o su representante en la obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados, o los aparatos colocados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados estos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas de la Contrata.

Si ésta no estimase justa la resolución y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se procederá con lo establecido en el artículo 22.

*Artículo 20. Aclaraciones y modificaciones de los documentos del Proyecto.*

Cuando se trata de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones, las órdenes e instrucciones de los planos, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando éste obligado a su vez a devolver, ya los originales, ya las copias, suscribiendo con su firma al enterado, que figura así mismo en todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto de la Propiedad como de la Dirección Técnica.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por estos crea oportuno no hacer el Contratista, habrá de dirigirla, dentro del plazo de 15 días a la Dirección Facultativa, la cual dará al Contratista el correspondiente recibo si éste lo solicitase.

*Artículo 21. Ampliación del Proyecto por causas imprevistas de fuerza mayor.*

Si por causa de fuerza mayor o independencia de la voluntad del Contratista y siempre que esta causa sea distinta de las que se especifiquen como la rescisión en el capítulo de condiciones generales de índole legal, aquel no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la Contrata, previo informe de la Dirección Facultativa.

Para ello, el Contratista expondrá por escrito dirigido a la Dirección Facultativa, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso de que por ello se originaría en los plazos acordados razonando la prórroga que por dicha causa se solicita.

*Artículo 22. Obras ocultas.*

De todos los trabajos donde haya unidades de obra que tienen que quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos e indispensables para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado y se entregarán uno al Propietario, otro a la Dirección Facultativa y el tercero al Contratista, firmados todos ellos por estos dos últimos.

Dichos planos, que deberán ir acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

*Artículo 23. Vicios ocultos.*

Si la Dirección Facultativa tuviese fundadas razones para creer la existencia de vicios ocultos de construcciones en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo y

antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que supone defectuosos. Los gastos de demoliciones y reconstrucción que se ocasiona serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente y en caso contrario correrán a cargo del Propietario.

*Artículo 24. Características de los materiales, de los aparatos y su procedencia.*

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas las clases en los puntos que le parezcan convenientes, siempre que reúnan las condiciones exigidas en el Contrato, que están perfectamente preparados para el objeto a que se apliquen y sea, a lo preceptuado en el Pliego de Condiciones y a las condiciones y a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

*Artículo 25. Empleo de los materiales y aparatos.*

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y aparatos que no fuesen de la calidad requerida, sin que antes sean examinados y aceptados por la Dirección Facultativa, en los términos que prescriben los Pliegos, depositando al efecto el Contratista las muestras y modelos necesarios previamente contrastados, para efectuar en ellos las comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de Condiciones vigente en la obra. Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc. antes indicadas será a cargo del Contratista.

*Artículo 26. Materiales no utilizables.*

El Contratista, a su costa transportará y colocará agrupándolos ordenadamente en el sitio de la obra en el que por no causar perjuicios a la marcha de los trabajos se le designe, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc. que no serán utilizables en la obra. Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular se retirarán de ella cuando así lo ordene la Dirección Facultativa, pero acordando previamente con el Contratista la justa tasación de dichos materiales y los gastos de sus transportes.

*Artículo 27. Materiales y aparatos defectuosos.*

Cuando los materiales no fuesen de la calidad requerida o no estuviesen preparados, la Dirección Facultativa dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los pliegos de condiciones, o a falta de estas a las órdenes de la Dirección Facultativa. La Dirección Facultativa podrá permitir el empleo de aquellos materiales defectuosos que mejor le parezcan o aceptar el empleo de otros de calidad superior a la indicada en los pliegos; si no le fuese posible al Contratista suministrarlos en el modo requerido por ellos, se descontará en el primer caso la diferencia de precio del material requerido al defectuoso empleado y no teniendo derecho el Contratista a indemnización alguna en el segundo.

*Artículo 28. Medios auxiliares.*

Serán de cuenta y riesgo del Contratista los andamiajes, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesitan al Propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares. Todos estos, siempre que no se haya estipulado lo Contrario en las condiciones particulares de la obra quedarán a beneficio del Contratista, sin que este pueda fundar reclamación alguna en la insuficiencia de dichos medios, cuando estos estén detallados en el presupuesto y consignados por partida alzada o incluidos en los precios de las unidades de obra.

En caso de rescisión por incumplimiento del Contrato por parte del Contratista, los medios auxiliares del Constructor podrán ser utilizados libre y gratuitamente por la Administración, para la terminación de las obras.

En cualquier caso, todos estos medios auxiliares quedarán en propiedad del Contratista una vez terminadas las obras, pero ningún derecho tendrá a reclamación alguna por parte de los desperfectos a que su uso haya dado lugar.

*Artículo 29. Medidas de seguridad.*

El Contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes sobre la seguridad e higiene en el trabajo, tanto en lo que se refiere al personal de la obra como a terceros.

Como elemento primordial de seguridad se prescribirá el establecimiento de señalización necesaria tanto durante el desarrollo de las obras, como durante su explotación, haciendo referencia bien a peligros que existan o a las limitaciones de las estructuras.

Se utilizarán, cuando existan, las correspondientes señales establecidas por el Ministerio competente, y en su defecto por departamentos nacionales u organismos internacionales.

**2.1.4. Recepción provisional, plazo de garantía y recepción definitiva.**

*Artículo 30. Recepción provisional.*

Terminado el plazo de ejecución de las obras y puesta en servicio, se procederá a la recepción provisional de las mismas estando presente la comisión que designe el Contratista y el Director de Obra. Se realizarán todas las pruebas que el Director de Obra estime oportunas para el cumplimiento de todo lo especificado en este pliego y buena ejecución y calidad de las mismas, siendo inapelable el fallo que dicho Director, a la vista del resultado de las mismas, de donde sobre la validez o invalidez de las obras ejecutadas.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía señalado en el presente pliego y procediéndose en el plazo más breve posible a su medición general y definitiva, con asistencia del Contratista o su representante.

Cuando las obras no se encuentren en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta especificando las premisas que el Director de Obra debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijando un plazo para ello.

*Artículo 31. Conservación de los trabajos recibidos provisionalmente.*

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el propietario, procederá a disponer todo lo que se precise para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de rescisión de contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que la Dirección Facultativa fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del mismo corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él mas herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuere preciso realizar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar y repasar la obra durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente Pliego de Condiciones Económicas.

El Contratista se obliga a destinar a su costa a un vigilante de las obras que prestará su servicio de acuerdo con las órdenes recibidas de la Dirección Facultativa.

*Artículo 32. Plazo de garantía.*

El plazo de garantía será de un año a contar desde la fecha de su recepción provisional. Durante el periodo de garantía todas las reparaciones derivadas de mala construcción imputables al contratista serán abonadas por este.

Si el Director de Obra tuviera fundadas razones para creer en la existencia de vicios de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar antes de la recepción definitiva las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos. Los gastos derivados en

dichas demoliciones correrán a cargo del Contratista, siempre que existan tales vicios, en caso contrario correrán a cargo de la Propiedad.

*Artículo 33. Recepción definitiva.*

Pasado el plazo de garantía, si las obras se encuentran en perfecto estado de uso y conservación, de acuerdo al presente pliego, se darán por recibidas definitivamente.

Una vez recibidas definitivamente las obras se procederá de inmediato a su liquidación y resolución de la fianza de la que se detraerán las sanciones o cargas que procedan conforme a lo estipulado en el presente pliego.

En caso de que las obras no se encuentren en estado para la recepción definitiva, se procederá de igual forma que para la recepción provisional sin que el Contratista tenga derecho a percibir cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía.

**2.1.5. Casos no previstos en este pliego.**

El Director de Obra dará las normas a seguir en todo aquello que no quede regulado en este Pliego de Condiciones.

**2.2. Condiciones generales económicas.**

**2.2.1. Base fundamental.**

*Artículo 34. Alcance.*

Comprenderán las que afecten al coste y pago de las obras contratadas, al plazo y forma de las entregas, a las fianzas y garantías para el cumplimiento del Contrato establecido, a los casos que proceden las mutuas indemnizaciones y todas las que se relacionen con la obligación contraída por el Propietario a satisfacer el importe y la remuneración del trabajo contratado, una vez ejecutadas, parcial o totalmente por el Contratista, y de acuerdo con las condiciones convenidas, las que le fueran adjudicadas.



*Artículo 35. Base fundamental.*

La base fundamental de estas condiciones es que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que éstos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y condiciones generales y particulares que rijan la construcción contratada.

**2.2.2. Garantías de cumplimiento y fianzas.**

*Artículo 36. Garantías.*

El Ingeniero Director podrá exigir al Contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de si éste reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato; dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del Contrato.

*Artículo 37. Fianzas.*

Si la obra se adjudica por subasta, el depósito para tomar parte de ella se especificará en el anuncio de la misma y su cuantía será de un 3% como mínimo del total del presupuesto de la contrata.

La persona o entidad a quien se haya adjudicado la ejecución de la obra, deberá depositar en el punto y plazo marcados en el anuncio de la subasta la fianza definitiva de estas y en su defecto, su importe será del 10% de la cantidad por la que se otorgue la adjudicación de la obra.

La fianza que se exigirá al Contratista se convendrá entre el Ingeniero y el Contratista, entre una de las siguientes:

Deposito de valores públicos del Estado por un importe del 10% del presupuesto de la obra contratada.

Depósito en metálico de la misma cuantía indicada en el anterior apartado.

Depósito previo en metálico de la misma cuantía del 10% del presupuesto mediante deducción del 5% efectuadas del importe de cada certificación abonada al Contratista.

Descuento del 10% efectuado sobre el importe de cada certificación abonada al Contratista.

*Artículo 38. Ejecución de los trabajos con cargo a la fianza.*

Si el Contratista se negara a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero en nombre y representación del Propietario, los ordenará a ejecutar a un tercero, o directamente por Administración abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el Propietario en el caso de que el importe de la fianza no baste para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.

*Artículo 39. Devolución de la fianza.*

La fianza será devuelta al Contratista en el plazo que no exceda de 8 días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra, siempre que el Contratista haya acreditado, por medio de la certificación del Alcalde al Distrito Municipal en cuyo término se halle emplazada la obra contratada, y no haya reclamación alguna contra aquel por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de jornales o materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

**2.2.3. Penalizaciones.**

*Artículo 40. Importe de indemnización por retraso no justificado.*

El importe de la indemnización que debe abonar el Contratista, por causa de retraso no justificada en el plazo de terminación de las obras contratadas, se fijará entre cualquiera de los siguientes:

- Una cantidad fija durante el tiempo del retraso.

- El importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de ocupación del inmueble, previamente fijados.
- El abono de un tanto por ciento anual sobre el importe del capital desembolsado a la terminación del plazo fijado y durante el tiempo que dure el retraso.

La cuantía y el procedimiento a seguir para fijar el importe de la indemnización, entre los anteriores especificados, se obtendrán expresamente entre ambas partes contratantes, antes de la firma del Contrato; a falta de este previo convenio, la cuantía de la indemnización se entiende que será el abono por el Contratista al Propietario de un interés del 4,5% anual, sobre las sumas totales de las cantidades desembolsadas por el Propietario, debidamente justificadas y durante el plazo de retraso de la entrega de las obras, en las condiciones contratadas.

#### **2.2.4. Precios y revisiones.**

##### *Artículo 41. Precios contradictorios.*

Si ocurriese algún caso por virtud del cual fuese necesario fijar un nuevo precio, se procederá a estudiarlo y convenirlo contradictoriamente de la siguiente forma:

El Contratista formulará por escrito, bajo su firma, el precio que, a su juicio, debe aplicarse a la nueva unidad.

La Dirección técnica estudiará el que, según su criterio, debe utilizarse.

Si ambos son coincidentes se formulará por la Dirección técnica el acta de avenencia, igual que si cualquier pequeña diferencia o error fuesen salvados por simple exposición y convicción de una de las partes, quedando así formalizado el precio contradictorio.

Si no fuera posible conciliar por simple discusión los resultados, la Dirección Facultativa propondrá a la Propiedad que adopte la resolución que estime conveniente, que podrá ser aprobatoria del precio exigido por el Contratista o, en otro caso, la segregación de la obra o instalación nueva, para ser ejecutada por administración o por otro adjudicatario distinto.

La fijación del precio contradictorio habrá de preceder necesariamente al comienzo de la nueva unidad, puesto que, si por cualquier motivo ya se hubiese comenzado, el Contratista estará obligado a aceptar el que buenamente quiera fijarle la Dirección Facultativa y a concluir a satisfacción de éste.

De los precios así acordados se levantarán actas que firmarán por triplicado el Director de Obra, el Propietario y el Contratista o los representantes autorizados a estos efectos por estos últimos.

*Artículo 42. Revisión de precios.*

Si los vigentes precios de jornales, cargas sociales y materiales, en el momento de firmar el Contrato, experimentan una variación oficial en más o menos de 5%, podrá hacerse una revisión de precios a petición de cualquiera de las partes, que se aplicará a la obra que falte por ejecutar. En caso de urgencia podrá autorizarse la adquisición de materiales a precios superiores, siendo el abono de la diferencia con los contratos.

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ello que en principio no se debe admitir la revisión de los precios contratados. No obstante y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que son características de determinadas épocas anormales se admite durante ellas la rescisión de los precios contratados, bien en alza o en baja y en armonía con las oscilaciones de los precios del mercado. El Contratista puede solicitar la revisión en alza del Propietario en cuanto se produzca cualquier alteración de precio que repercuta aumentando los contratados. Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o de recontinuar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado y por causas justificadas haya subido, especificándose y acordándose también previamente la fecha a partir de la cual se tendrá en cuenta y cuando proceda, el acopio de materiales en la obra en el caso que estuviese abonado total o parcialmente por el Propietario.

Si el Propietario o el Ingeniero en su representación no estuviese conforme con los nuevos precios de materiales que el Contratista desea percibir como normales en el mercado, aquel tiene la facultad de proponer al Contratista, en cuyo caso se tendrá en

cuenta para la revisión, los precios de los materiales adquiridos por el Contratista merced a la información del Propietario.

Cuando entre los documentos aprobados por ambas partes figurase el relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al preceptuado en los casos de revisión por alza de precios.

*Artículo 43. Reclamaciones de aumentos de precios.*

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

Tampoco se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en indicaciones que, sobre las obras, se hagan en la Memoria, por no servir este documento de base a la Contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos en las unidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tendrán en cuenta a los efectos de la rescisión del contrato, señalados en los documentos relativos a las Condiciones Generales o Particulares de índole Facultativa, sino en el caso de que la Dirección Facultativa o el Contratista los hubieran hecho notar dentro del plazo de cuatro meses contados desde la fecha de la adjudicación. Las equivocaciones materiales no alterarán la baja proporcional hecha en la Contrata, respecto del importe del presupuesto que ha de servir de base a la misma, puesto esta baja se fijará siempre por la relación entre las cifras de dicho presupuesto, antes de las correcciones y la cantidad ofrecida.

*Artículo 44. Normas para la adquisición de los materiales.*

Si al Contratista se le autoriza a gestionar y adquirir los materiales, deberá presentar al Propietario los precios y las muestras de los materiales, necesitando su previa aprobación antes de adquirirlos.

Si los materiales fuesen de inferior calidad a las muestras presentadas y aprobadas, el Contratista adquiere la obligación de rechazarlos hasta que se le entreguen otros de las

calidades ofrecidas y aceptadas. A falta del cumplimiento de esta obligación, el Contratista indemnizará al Propietario con el importe de los perjuicios que por su incumplimiento se originen, cuya cuantía la evaluará el Ingeniero Director.

*Artículo 45. Intervención administrativa del Propietario.*

Todos los documentos que deben figurar en las cuentas de administración llevarán la conformidad del representante en los partes de jornales, transportes y materiales, firmando su conformidad en cada uno de ellos.

*Artículo 46. Mejora de obras.*

No se admitirán mejorar las obras, más que en el caso que el Ingeniero haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo el caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Ingeniero ordene también por escrito la ampliación de las contratadas.

Será condición indispensable que ambas partes contratadas convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales y los aumentos de todas las mejoras.

*Artículo 47. Unidades de obra no conformes con el Proyecto.*

Si el Contratista, por causa justificada a juicio del Ingeniero propusiera la ejecución de algún trabajo que no esté conforme con las condiciones de la contrata y por causas especiales de excepción la estimase el Ingeniero, éste resolverá dando conocimiento al Propietario y estableciendo contradictoriamente con el Contratista la rebaja del precio.

### **2.2.5. Medición, valoración y abono de las unidades de obra.**

#### *Artículo 48. Medición, valoración y abono de las unidades de obra.*

El pago de obras realizadas se hará sobre certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran.

La relación valorada que figure en las certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de 15 días.

El Director de Obra expedirá las certificaciones de las obras ejecutadas, que tendrán carácter provisional a buena cuenta, verificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas certificaciones.

Serán de abono al Contratista las obras de fábrica ejecutadas con arreglo a condiciones y con sujeción a los planos del Proyecto o a las modificaciones introducidas por el Director Técnico en el replanteo o durante la ejecución de las obras, que constarán en planos de detalle y órdenes escritas. Se abonarán por su volumen o su superficie real de acuerdo con lo que se especifique en los correspondientes precios unitarios que figuran en el cuadro de precios.

#### *Artículo 49. Mediciones parciales y finales.*

Las mediciones parciales se verificarán en presencia del Contratista, de lo que se levantará acta por duplicado, que será firmada por ambas partes. La medición final se hará después de terminadas las obras con precisa asistencia del Contratista.

En el acta que se extienda, de haberse verificado la medición en los documentos que le acompañan, deberá aparecer la conformidad del Contratista o de su representación legal. En caso de no haber conformidad, lo expondrá sumariamente y a reserva de ampliar las razones que a ello obliga.

*Artículo 50. Composición de los precios unitarios.*

Los precios unitarios se compondrán preceptivamente de la siguiente forma:

- Mano de obra, por categorías dentro de cada oficio, expresando el número de horas intervenidas por cada operario en la ejecución de cada unidad de obra y los jornales horarios correspondientes.
- Materiales, expresando la cantidad que en cada unidad de obra se precise de cada uno de ellos y su precio unitario respectivo en origen.
  - Transporte de materiales, desde el punto de origen al pie de trabajo.
  - Tanto por ciento de medios auxiliares y de seguridad.
  - Tanto por ciento de gastos generales.
  - Tanto por ciento de seguros y cargas sociales.
  - Tanto por ciento de beneficio industrial del contratista.

*Artículo 51. Composición de los precios por ejecución material.*

Se entiende por precio de ejecución material el que importe el coste total de la unidad de obra, es decir, el resultante de la suma de las partidas que importan los conceptos "dos" y "seis", ambos inclusive, del artículo precedente, es decir, p.d.m. será igual a la suma de los cinco primeros conceptos del artículo anterior.

*Artículo 52. Composición de los precios por contrata.*

En el caso de que los trabajos a realizar en la obra y obra aneja, se entiende por precio de contrata el que importe el coste de la unidad de obra total, es decir, el precio de ejecución material más el tanto por ciento sobre éste último precio en concepto de "beneficio industrial del Contratista" más el tanto por ciento de "gastos generales".



A falta de convenio especial se aplicará el 6% de BI y el 13% de GG. De acuerdo con lo establecido se entiende por importe de contrata de un edificio u obra aneja, a la suma de su importe de ejecución material más el 6% de beneficio industrial y 13% de Gastos generales:

- Imprevistos 3%.
- Gastos de administración y dirección práctica de los trabajos 5%.
- Intereses del capital adelantado por el Contratista 5%.
- Beneficio industrial del Contratista 6%.

*Artículo 53. Composición de los precios por administración.*

Se denominan obras por administración aquellas en que las gestiones que se precisen realizar, las lleva acabo el Propietario, bien por sí o por un representante suyo, o bien por mediación de su Constructor.

Las obras por administración directa son aquellas en las que el Propietario por sí o por mediación de un representante suyo lleve las gestiones precisas para la ejecución de las obras.

Las obras por administración indirecta son aquellas en las que convienen un Propietario y el Contratista, para que éste por cuenta de aquel y como delegado suyo realice las gestiones y los trabajos que se precisen y así se convengan.

Por parte del Propietario, tiene la obligación de abonar directamente o por mediación del contratista todos los gastos inherentes a la realización de los trabajos. Por parte del contratista, la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos.

Para la liquidación de los trabajos que se ejecute por administración indirecta, regirán las normas que a tales fines se establece en las Condiciones Particulares de índole Económico vigente en la obra:

- Las facturas de los transportes de materiales entrados en la obra.

- Los documentos justificativos de las partidas abonadas por los seguros y cargas sociales vigentes.
- Las nóminas de los jornales abonados.
- Los recibos de licencias, impuestos y demás cargas inherentes a la obra.
- A la suma de todos los gastos inherentes a la propia obra en cuya gestión o pago haya intervenido el Contratista se le aplicará un 15%, incluidos los medios auxiliares y los de seguridad.

*Artículo 54. Precio del material acopiado a pie de obra.*

Si el Propietario ordenase por escrito al Contratista el acopio de materiales o aparatos en la obra a los precios contratados y ésta así lo efectuase, los que se hayan acopiado se incluirán en la certificación siguiente a su entrada en la obra.

*Artículo 55. Precios de las unidades de obra y de las partidas alzadas.*

En los precios de las distintas unidades de obra, en los de aquellas que hayan de abonarse por partidas alzadas, se entenderán que se comprende el de la adquisición de todos los materiales necesarios, su preparación y mano de obra, transporte, montaje, colocación, pruebas y toda clase de operaciones y gastos que vayan a realizarse, así como riesgos y gravámenes que puedan sufrirse, aún cuando no figuren explícitamente en el cuadro de precios, para dejar la obra completamente terminada, con arreglo a las condiciones, y para conservarla hasta el momento en que se realice la entrega.

Los precios serán invariables, cualquiera que sea la procedencia de los materiales y el medio de transporte, sin más excepción que la expresada en este Pliego.

*Artículo 56. Relaciones valoradas y certificaciones.*

Lo ejecutado por el Contratista se valorará aplicando al resultado de la medición general los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo en cuenta además lo establecido en el presente pliego respecto a mejoras o sustituciones de materiales y a las obras accesorias y especiales.

Al Contratista se lo facilitarán por el Ingeniero los datos de la certificación, acompañándolos de una nota de envío, al objeto, que dentro del plazo de 10 días a partir de la fecha del envío de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad, hacer en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas.

Dentro de los 10 días siguientes a su recibo, el Ingeniero aceptará o rechazará las reclamaciones al Contratista si las hubiera, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución del Ingeniero en la forma prevenida en los pliegos anteriores.

Cuando por la importancia de la obra, o por la clase y número de documentos, no considere el Contratista suficiente aquel plazo para su examen, podrá el Ingeniero concederle una prórroga. Si transcurrido el plazo de 10 días a la prórroga expresada no hubiese devuelto el Contratista los documentos remitidos, se considerará que está conforme con los referidos datos, y expedirá el Ingeniero la certificación de las obras ejecutadas.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del Propietario, podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los que figuren en los documentos del proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de contrata.

Las certificaciones se remitirán al Propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y 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 aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere.

En el caso de que el Ingeniero lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

*Artículo 57. Valoración en el caso de rescisión.*

Cuando se rescinda la contrata por causas que no sean de la responsabilidad del Contratista, las herramientas y demás útiles que como medios auxiliares de la construcción se hayan estado empleando en las obras con autorización del Ingeniero y la contrata y de no mediar acuerdo, por los amigables componedores de índole legal y facultativa.

A los precios de tasación sin aumento alguno, recibirá el Propietario aquellos de dichos medios auxiliares que señalan en las condiciones de cada contrata, o en su defecto los que se consideren necesarios para terminar las obras y quiera reservar para sí el Contratista, entendiéndose que si no tendrán lugar el abono por este concepto, cuando el importe de los trabajos realizados hasta la rescisión no llegue a los tercios de la obra contratada.

Se abonarán los materiales acopiados al pie de obra si son de recibo y de aplicación para terminar esta, en una cantidad proporcionada a la obra pendiente de ejecución, aplicándose a estos materiales los precios que figuren en el cuadro de precios descompuestos. También se abonarán los materiales acopiados fuera de la obra, siempre que se transporten al pie de ella.

En el caso de rescisión por falta de pago o retraso en el abono o suspensión por plazo superior de un año imputable al Propietario, se concederá al contratista además de las cantidades anteriormente expuestas, una indemnización que fijará el Ingeniero, la cual no podrá exceder del 3% del valor de las obras que falten por ejecutar.

En caso de rescisión por alteración de presupuesto o por cualquiera de las causas reseñadas en las condiciones legales, no procederá más que el reintegro al Contratista de los gastos por custodias de fianza, anuncio de subasta y formalización del contrato, sin que pueda reclamar el abono de los útiles destinados a las obras.

En caso de rescisión por falta de cumplimiento en los plazos de obra, no tendrá derecho el Contratista a reclamar ninguna indemnización a las obras pero si a que se abonen las ejecutadas, con arreglo a condiciones y los materiales acopiados a pie de obra que sean de recibo.

Si lo incompleto, es la unidad de obra y la parte ejecutada en ella fuera de recibo, entonces se abonará esta parte con arreglo a lo que correspondan según la descomposición del precio que figura en el cuadro del Proyecto, sin que pueda pretender el Contratista que, por ningún motivo se efectúe la descomposición en otra forma que la que en dicho cuadro figura.

Toda unidad compuesta o mixta no especificada en el cuadro de precios, se valorará haciendo la descomposición de la misma y aplicando los precios unitarios de dicho cuadro a cada una de las partes que la integra, quedando en esta suma, así obtenida, comprendidos todos los medios auxiliares.

En general se dará al Contratista un plazo de tiempo que determinará la Dirección de la Obra, dentro de los límites de 20 y 60 días para poner el material en curso de instalaciones de ser aceptado como obra terminada, teniendo en cuenta que las no finalizadas se liquidarán a los precios elementales que figuren en el presupuesto, así como los recibos de los materiales a pie de obra que reúnan las debidas condiciones se seguirá por las disposiciones vigentes.

*Artículo 58. Equivocaciones en el presupuesto.*

Se supone que el Contratista ha hecho detenido estudio de los documentos que componen el Proyecto, y por tanto al no haber hecho ninguna observación sobre posibles errores o equivocaciones en el mismo, se entiende que no hay lugar a disposición alguna en cuanto afecta a medidas o precios, de tal suerte, que si la obra ejecutada con arreglo al proyecto contiene mayor número de unidades que las previstas, no tiene derecho a reclamación alguna.

Si por el contrario, el número de unidades fuera inferior, se descontará del presupuesto.

*Artículo 59. Formas de abono de las obras.*

El abono de los trabajos efectuados se efectuará por uno de los procedimientos siguientes, convenido por el Ingeniero y el Contratista antes de dar comienzo los trabajos:

1º. Tipo fijo o a tanto alzado total.

2º. Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar el número de unidades ejecutadas.

3º. Tanto variable por unidad de obra según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las ordenes del Ingeniero.

4º. Por lista de jornales y recibos de materiales autorizados en la forma que el presente pliego determina.

5º. Por horas de trabajo ejecutado en las condiciones determinadas en el Contrato.

*Artículo 60. Abono de unidades de obra ejecutadas.*

El Contratista deberá percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya ejecutado con arreglo y sujeción a los documentos del Proyecto, a las condiciones de la contrata y a las órdenes e instrucciones que por escrito entregue el Ingeniero.

*Artículo 61. Abono de trabajos presupuestados con partidas alzadas.*

Si existen precios contratados para unidades de obras iguales a las presupuestadas mediante partida alzada se abonará previa medición y aplicación del precio establecido.

Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerá, precios contradictorios para las unidades con partidas alzadas, deducidos de los similares contratados.

Si no existen precios contratados, para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse en cuyo caso, el Ingeniero director de la obra indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que debe seguirse para llevar dicha cuenta.

*Artículo 62. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía.*

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos para su abono se procederá así:

- Si los trabajos se realizan y están especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Ingeniero exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valoradas a los precios que figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los pliegos particulares o en su defecto en los generales, en el caso de que dichos fueran inferiores a los que rijan en la época de su realización en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso de las obras, por haber sido utilizadas durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, nada se abonará por ellos al Contratista.

*Artículo 63. Abono de obras incompletas.*

Cuando por rescisión u otra causa fuera preciso valorar obras incompletas, se aplicarán los precios del presupuesto sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra en forma distinta, ni que tenga derecho el Contratista a reclamación alguna por insuficiencia u omisión del costo de cualquier elemento que constituye el precio.

Las partidas que componen la descomposición del precio serán de abono cuando esté acopiado en obra la totalidad del material, incluidos accesorios, o realizados en su totalidad las labores u operaciones que determina la definición de la partida, ya que el criterio a seguir ha de ser que sólo se consideran abonables fases con ejecución terminadas, perdiendo el Adjudicatario todos los derechos en el caso de dejarlas incompletas.

*Artículo 64. Liquidaciones parciales.*

Las liquidaciones se harán por certificaciones mensuales y se hallarán multiplicando las unidades resultantes de las mediciones por el precio asignado de cada unidad en el

presupuesto. Se añadirá el % correspondiente al sistema de Contrato, desquitando las rebajas que se obtuvieran en subasta.

*Artículo 65. Carácter provisional de las liquidaciones parciales.*

Las liquidaciones parciales tienen carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a certificaciones y variaciones que resulten de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

La Propiedad se reserva en todo momento y especialmente al hacer efectivas las liquidaciones parciales, el derecho de comprobar que el Contratista ha cumplido los compromisos referentes al pago de jornales y materiales invertidos en la obra, a cuyo efecto deberá presentar el Contratista los comprobantes que se exijan.

*Artículo 66. Liquidación final.*

La liquidación general se llevará a cabo una vez terminadas las obras y en ella se hará constar las mediciones y valoraciones de todas las unidades de obra realizadas, las que constituyen modificaciones del proyecto, y los documentos y aumentos que se aplicaron en las liquidaciones parciales, siempre y cuando hayan sido previamente aprobadas por la Dirección técnica con sus precios.

De ninguna manera tendrá derecho el Contratista a formular reclamaciones por aumentos de obra que no estuviesen autorizados por escrito a la Propiedad con el visto bueno del Ingeniero Director.

*Artículo 67. Liquidación en caso de rescisión.*

En este caso, la liquidación se hará mediante un contrato liquidatorio, que se redactará de acuerdo por ambas partes. Incluirá el importe de las unidades de obra realizadas hasta la fecha de la rescisión.



*Artículo 68. Pagos.*

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y sus importes corresponderán precisamente al de las certificaciones de obras expedidas por el ingeniero, en virtud de las cuales se verificarán aquellos.

*Artículo 69. Suspensión o retrasos en el ritmo de los trabajos por retraso en los pagos.*

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos o ejecutarlos a menor ritmo que el que le corresponda, con arreglo al plazo en que deben terminarse.

*Artículo 70. Demora de los pagos.*

Si el Propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponda el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un 4,5% anual en concepto de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo, tendrá derecho el Contratista a la rescisión del Contrato, procediéndose a la ejecución de la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que estos reúnan las condiciones preestablecidas y que la cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

Se rechazará toda solicitud de rescisión del Contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el Contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en obra en los materiales acopiados admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el Contrato.

*Artículo 71. Indemnización de daños causados por fuerza mayor.*

El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causas de pérdidas ocasionadas en la obra sino en los casos de fuerza mayor. Para los efectos de este artículo, se considerarán como tales casos los que siguen:

- Los incendios causados por electricidad atmosférica.
- Los producidos por terremotos o los maremotos.
- Los producidos por vientos huracanados, mareas y crecidas de los ríos, superiores a los que sean de prever en el país, y siempre que exista constancia inequívoca de que por el Contratista se tomarán las medidas posibles dentro de sus medios para evitar los daños.
- Los que provengan de movimientos del terreno e que estén construidas las obras.

La indemnización se referirá al abono de las unidades de obra ya ejecutadas con materiales acopiados a pie de obra; en ningún caso comprenderá medios auxiliares.

**2.3. Condiciones generales legales.**

**2.3.1. Arbitrio y jurisdicción.**

*Artículo 72. Formalización del Contrato.*

Los Contratos se formalizarán mediante documentos privados, que podrán elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. Este documento contendrá una cláusula en las que se expresa terminantemente que el Contratista se obliga al cumplimiento exacto del Contrato, conforme a lo previsto en el Pliego General de Condiciones.

El Contratista antes de firmar la escritura habrá firmado también su conformidad al pie del Pliego de Condiciones Particulares que ha de regir la obra, en los planos, cuadros de precios y presupuesto general.

Serán de cuenta del Adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne la contrata.

*Artículo 73. Arbitraje obligatorio.*

Ambas partes se comprometen a someterse en sus diferencias al arbitraje de amigables componedores, designados uno de ellos por el Propietario, otro por la contrata y tres Ingenieros por el C.O. correspondiente, uno de los cuales será forzosamente el Director de Obra.

*Artículo 74. Jurisdicción competente.*

En caso de no haberse llegado a un acuerdo por el anterior procedimiento, ambas partes son obligadas a someterse a la discusión de todas las cuestiones que pueden surgir como 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 donde estuviese enclavada la obra.

**2.3.2. Responsabilidades legales del contratista.**

*Artículo 75. Medidas preparatorias.*

Antes de comenzar las obras el Contratista tiene la obligación de verificar los documentos y de volver a tomar sobre el terreno todas las medidas y datos que le sean necesarios. Caso de no haber indicado al Director de obra en tiempo útil, los errores que pudieran contener dichos documentos, el Contratista acepta todas las responsabilidades.

*Artículo 76. Responsabilidad en la ejecución de las obras.*

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el Contrato y en los documentos que componen el Proyecto. Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que la Dirección Facultativa haya examinado o

reconocido la construcción durante las obras, ni el que hayan sido abonadas las liquidaciones parciales.

*Artículo 77. Legislación Social.*

Habrà de tenerse en cuenta por parte del Contratista la Reglamentación de Trabajo, así como las demás disposiciones que regulan las relaciones entre patronos y obreros, contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio Familiar y de Vejez, los Accidentes de Trabajo, Seguridad e Higiene en el Trabajo y demás con carácter social urgentes durante la ejecución de las obras.

El Contratista ha de cumplir lo reglamentado sobre seguridad e higiene en el trabajo, así como la legislación actual en el momento de ejecución de las obras en relación sobre protección a la industria nacional y fomento del consumo de artículos nacionales.

*Artículo 78. Medidas de seguridad.*

En caso de accidentes ocurridos a los operarios con motivo de ejercicios en los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderà a lo dispuesto a estos respectos vigentes en la legislación, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad, por responsabilidad en cualquier aspecto.

De los accidentes y perjuicios de todo género que por cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudiera recaer o sobrevenir, será este el único responsable, o sus representantes en la obra, ya se considera que los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente, dichas disposiciones legales, será preceptivo que el tablón de anuncios de la obra presente artículos del Pliego de Condiciones Generales de índole general, sometido previamente a la firma de la Dirección Facultativa.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes perpetúen para evitar en lo posible accidentes a los obreros y a los andantes no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra.

Se exigirán con especial atención la observación de lo regulado por la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.G.S.H.T.).

*Artículo 79. Vallado y policía de obra.*

Serán de cargo y cuenta del Contratista el vallado y la policía del recinto, cuidando de la conservación de sus líneas de lindeo.

Toda observación referente a este punto será puesta inmediatamente en conocimiento del Ingeniero Director.

*Artículo 80. Permisos y Licencias.*

El adjudicatario estará obligado a tener todos los permisos y licencias, para la ejecución de las obras y posterior puesta en servicio y deberá abonar todas las cargas, tasas e impuestos derivados de la obtención de dichos permisos.

*Artículo 81. Daños a terceros.*

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobreviniese en la edificación donde se efectúan las obras.

Como en las contiguas, será, por tanto, de sus cuentas el abono de las indemnizaciones a quien corresponde y cuando ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir cuando a ello fuese requerido, el justificante de tal cumplimiento.

*Artículo 82. Seguro de la obra.*

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva, la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

El importe abonado por la sociedad aseguradora se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a él, se abone la obra que se construye y a medida que esta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones como el resto de los trabajos.

En las obras de reparación o reforma, se fijará la porción de la obra que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se previene, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte de la obra afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza de seguros, las pondrá el Contratista antes de contratadas, en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

*Artículo 83. Suplementos.*

El Contratista no puede hacer ningún trabajo que ocasione suplementos de gastos sin autorización escrita del Propietario de la instalación y con el visto bueno del Director de obra.

*Artículo 84. Conservación y otros.*

El Contratista ejecutor de las obras tendrá que conservar a su cargo todos los elementos de las obras civiles y eléctricas desde el comienzo de las obras hasta la recepción definitiva de las mismas. A este respecto, los gastos derivados de la conservación, tales como revisiones periódicas de las instalaciones, vigilancia, reposición de posibles desperfectos causados por terceros, limpieza de aparatos, etc. correrán a cargo del Contratista, no pudiendo éste alegar que la instalación esté o no en servicio.

La sustitución o reparación será decidida por la Dirección de obra, que juzgará a la vista del incidente si el elemento puede ser reparado o totalmente sustituido por uno nuevo teniendo que aceptar totalmente dicha decisión.

El Contratista estará obligado a ejecutar aquellos detalles imprevistos por su minuciosidad o que se hayan omitido si el Director de la obra lo juzga necesario.

*Artículo 85. Hallazgos.*

El Propietario se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte, o sustancias minerales utilizables, que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en su terreno o edificaciones. El Contratista deberá emplear para extraerlo todas las precauciones que se le indiquen por la Dirección.

El Propietario abonará al Contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen.

Serán así mismo, de la exclusiva pertenencia del Propietario los materiales y corrientes de agua que, como consecuencia de la ejecución de las obras, aparecieran en los solares o terrenos donde se realicen las obras, pero el Contratista, en el caso de tratarse de aguas y si las utilizara, serán de cargo del Contratista las obras que sean convenientes ejecutar para recogerlas para su utilización.

La utilización para el aprovechamiento de gravas y arenas y toda clase de materiales procedentes de los terrenos donde los trabajos se ejecuten, así como las condiciones técnicas y económicas en que estos aprovechamientos han de concederse y ejecutarse se señalarán para cada caso concreto por la Dirección Facultativa.

*Artículo 86. Anuncios y carteles.*

Sin previa autorización de la Propiedad no podrán ponerse, ni en sus vallas, más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y la policía local.

*Artículo 87. Copia de documentos.*

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, presupuesto, y pliego de condiciones y demás documentos del proyecto.

**2.3.3. Subcontratas.**

*Artículo 88. Subcontratas.*

El Contratista puede subcontratar una parte o la totalidad de la obra a otra u otras empresas, administradores, constructores, instaladores, etc. no eximiéndose por ello de su responsabilidad con la Propiedad.

El Contratista será el único responsable de la totalidad de la obra tanto desde el punto de vista legal como económico, reconociéndose como el único interlocutor válido para la Dirección Técnica.

**2.3.4. Pago de arbitrios.**

*Artículo 89. Pagos de arbitrios.*

El pago de impuestos y arbitrios en general municipales o de otro régimen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista siempre que en las condiciones particulares del Proyecto no se estipule lo contrario. No obstante, al Contratista le deberá ser reintegrado el importe de todos aquellos conceptos que la Dirección Facultativa considere justo hacerlo.

**2.3.5. Causas de rescisión del contrato.**

*Artículo 90. Causas de rescisión del contrato.*

Se consideran causas suficientes de rescisión de Contrato las que a continuación se señalan:



- La muerte o incapacidad del Contratista.
- La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si los herederos o síndico se ofrecieran a llevar a cabo las obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el Contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que este último caso tengan derecho a indemnización alguna.

- Las alteraciones del Contrato por las causas siguientes:

- La modificación del Proyecto en forma tal, que representan alteraciones fundamentales del mismo a juicio de la Dirección Facultativa y en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, representen más o menos un 25% como mínimo del importe de aquel.

- La modificación de las unidades de obra siempre que estas modificaciones representen variaciones, más o menos del 40% como mínimo de alguna de las unidades que figuren en las modificaciones del Proyecto, o más de un 50% de unidades del Proyecto modificadas.

- La suspensión de la obra comenzada y en todo caso siempre que por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo de 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 obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.

- El no dar comienzo de la contrata a los trabajos dentro de los plazos señalados en las condiciones particulares del Proyecto.

- Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras. La mala fe de la ejecución de los trabajos.

- El abonado de la obra sin causa justificada.

- La terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a esta.

Quedará rescindido el contrato por incumplimiento del contratista de las condiciones estipuladas en este Pliego perdiendo en este caso la fianza, y quedando sin derecho a reclamación alguna.

### **3. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES, DISPOSITIVOS E INSTALACIONES**

#### **3.1. Condiciones generales de los materiales**

##### **3.1.1. Pliegos generales**

En general son válidas todas las prescripciones que, referentes a las condiciones que deben satisfacer los materiales, aparecen en las Instrucciones, Pliegos de Condiciones o Normas Oficiales que reglamentan la recepción, transporte, manipulación o empleo de cada uno de los materiales que se utilizan en las obras de este Proyecto siempre que no se opongan a las prescripciones particulares del presente Capítulo.

##### **3.1.2. Procedencia de los materiales**

El contratista propondrá a la Dirección Facultativa las canteras, graveras, fábricas, marcas de prefabricados y en general la procedencia de los materiales que se empleen en las obras, para su aprobación.

##### **3.1.3. Ensayos**

Se realizarán los ensayos habituales en obras del tipo de la que se proyecta, corriendo los gastos de dichos ensayos por cuenta del Contratista, hasta el 1% del Presupuesto de Ejecución Material del proyecto.

##### **3.1.4. Almacenamiento**

Los materiales se almacenarán de modo que se asegure su correcta conservación y en forma que se facilite su inspección en caso necesario.

##### **3.1.5. Materiales que no sean de recibo**

Podrán rechazarse aquellos materiales que no satisfagan las condiciones impuestas en este Pliego para cada uno de ellos en particular y comprobadas, cuando proceda, por los ensayos indicados en 3.1.3.

En caso de no conformidad con los resultados de las citadas pruebas, bien por el Contratista o por la Dirección Facultativa, se someterá la cuestión al Laboratorio Central de Ensayos de Materiales de Construcción, dependiente del Ministerio de Obras Públicas, siendo

obligatorias para ambas partes la aceptación de los resultados que se obtengan y las conclusiones que se formulen.

#### **3.1.6. Materiales defectuosos pero aceptables**

Si los materiales fueran defectuosos pero aceptables a juicio de la Administración podrán emplearse, siendo la Dirección Facultativa, en reunión con el Contratista, quien señale el precio a que deben valorarse.

#### **3.1.7. Productos de excavación**

El Contratista podrá utilizar, en las obras objeto del Contrato, los materiales que obtenga de la excavación, siempre que estos cumplan las condiciones requeridas para las mismas.

#### **3.1.8. Materiales en instalaciones auxiliares**

Todos los materiales que el Contratista pudiera emplear en instalaciones y obras, que parcialmente fueren susceptibles de quedar formando parte de las obras de modo provisional o definitivo cumplirán las especificaciones del presente Pliego.

Asimismo cumplirán las especificaciones, que, con respecto a ejecución de las obras, recoge el presente Pliego de P.T.P.

#### **3.1.9. Responsabilidad del contratista**

La recepción de los materiales no excluye la responsabilidad del Contratista por la calidad de ellos, y quedará subsistente hasta que se reciban definitivamente las obras en que dichos materiales se hayan empleado.

#### **3.1.10. Materiales no incluidos en el presente pliego**

Los materiales que, sin ser especificados en el presente Pliego, hayan de ser empleados en la obra, serán siempre de probada calidad.

### **3.2. Condiciones particulares de los distintos materiales**

#### **3.2.1. Materiales para morteros y hormigones**

Las calidades requeridas para cada material, que se utilice para la fabricación de morteros y hormigones, serán las exigidas por la actual Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EHE) teniendo que ir acompañados de los oportunos ensayos que para cada material exige la citada instrucción.

La Dirección Facultativa podrá exigir al Contratista y por cuenta de éste, según lo prescrito en 3.1.3. Ensayos, cualquier tipo de ensayo, que sin citarse en la norma, considere necesario para un determinado elemento constructivo.

El Contratista tomará todas las precauciones necesarias para que durante la manipulación de estos materiales no se alteren sus características iniciales.

##### **3.2.1.1. CEMENTOS.**

Los cementos elegidos cumplirán las prescripciones del vigente "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos".

##### **3.2.1.2. ACERO PARA ARMADURAS.**

El acero a emplear en armaduras cumplirá las condiciones de la Instrucción EHE.

La Dirección Facultativa de la obra determinará las series de ensayos necesarios para la comprobación de las características del acero.

Si la partida es identificable y el Contratista presenta una hoja de ensayos, redactada por un laboratorio oficial dependiente del Ministerio de Obras Públicas, se efectuarán únicamente los ensayos que sean precisos para completar dichas series.

#### **3.2.2. Hierros y aceros para elementos metálicos**

Los hierros y aceros cumplirán las condiciones prescritas en la Instrucción para Estructuras de Acero.

Las características mecánicas de estos materiales serán las siguientes:

**VALORES MÍNIMOS DE ENSAYOS A TRACCIÓN**

	<b>Carga de rotura (kg/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Alargamiento proporcional %</b>	<b>Límite de elasticidad (kg/mm<sup>2</sup>)</b>
Perfiles laminados y chapas	36,00	25,00	25,00
Hierro fundido	15,00	6,00	6,00
Acero fundido	45,00	18,00	22,00
Acero forjado	55,00	20,00	25,00

Mediante el certificado de garantía de la factoría siderúrgica podrá prescindirse, en general, de los ensayos de recepción. La Dirección de la obra determinará los casos en que los ensayos deben ser completados y en qué forma.

**3.2.3. Cubrejuntas de cloruro de polivinilo**

En las juntas de dilatación del hormigón que indiquen los planos, se instalarán cubrejuntas de cloruro de polivinilo.

El material tendrá las siguientes características físicas a 25 °C.

Resistencia a tracción	140 kg/cm <sup>2</sup>
Alargamiento de rotura	250 % (mín.)
B.S. Dureza (BSS 2571)	42-52
Absorción de agua	2,5-3,0 %

**3.2.4. Madera**

La que se destine a entibación de zanjas, apeos, cimbras, andamios y demás medios auxiliares no tendrá otra limitación que la de ser sana y con dimensiones suficientes para ofrecer la resistencia necesaria.

La madera para carpintería de armar procederá de troncos apeados en sazón, será sana y con pocos nudos. Deberá estar suficientemente seca, por procedimientos natural o artificial. Sólo se empleará madera de sierra, con aristas vivas, de fibra recata paralela a la mayor dimensión de la pieza, sin grietas, hendiduras, ni nudos de espesor superior a la séptima parte (1/7) de la menor dimensión.

La madera para carpintería de taller será en general de pino o castaño, salvo indicaciones en contra de la Dirección Facultativa.

### **3.2.5. Ladrillos**

Se utilizarán ladrillos macizos, ladrillos finos, plaquetas, ladrillos huecos, ladrillos perforados y rasilla.

Los ladrillos ordinarios estarán fabricados con arcilla y arena o tierras arcilla-arenosa. Serán duros, de grano fino y uniforme, bien cocidos, perfectamente moldeados, de aristas vivas y caras planas. Resistirán a las heladas. Darán un sonido metálico al ser golpeados con un martillo. No deberán absorber más de dieciséis (16) por ciento de su peso, después de un día de inmersión en agua. Ofrecerán buena adherencia al mortero. Su resistencia a la compresión será por lo menos de noventa (90) kilogramos por centímetro cuadrado y la fractura debe mostrar una textura homogénea, apretada, exenta de planos de exfoliación, de caliches y de materias extrañas. Se tolerarán diferencias hasta de cinco (5) milímetros, en más o menos, en las dos dimensiones principales y solamente de dos (2) milímetros en el grueso. Las distintas partidas presentarán uniformidad de color.

### **3.2.6. Acero moldeado**

Será de grano fino, compacto, pasta exenta de poros y repuchos, completamente homogénea, sin escorias ni otros defectos.

La carga mínima de rotura a tracción será de cuarenta kilogramos por milímetro cuadrado (40 kg/mm<sup>2</sup>), siendo el alargamiento mínimo de rotura del dieciocho por ciento (18%).

La carga de trabajo a tracción, compresión y flexión será de mil kilogramos por centímetro cuadrado ( $1000 \text{ kg/cm}^2$ ), y a esfuerzo cortante será de ochocientos kilogramos por centímetro cuadrado ( $800 \text{ kg/cm}^2$ ).

### **3.2.7. Aluminio**

El aluminio será laminado y recocido y su carga de rotura a tracción será de ocho kilogramos por milímetro cuadrado ( $8 \text{ kg/mm}^2$ ), a la que corresponderá un alargamiento mínimo del tres por ciento (3%).

Será de estructura fibrosa, color blanco brillante, con matiz ligeramente azulado y no contendrá más de un tres por ciento (3%) de impurezas. Su densidad será de dos con siete (2,7) y el punto de fusión seiscientos cincuenta y ocho grados centígrados ( $658 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

### **3.2.8. Plomo**

El plomo será de primera fusión y no podrá contener más de cinco décimas (0,5) por ciento de materias extrañas. Será maleable y no presentará poros ni grietas cuando se trabaje al martillo. No presentará indicios de hidróxido plumboso, que es soluble y altamente venenoso, y puede producirse al contacto con aguas que lleven oxígeno abundante en disolución.

### **3.2.9. Bronce**

El bronce que vaya a emplearse deberá ser sano, homogéneo, sin sopladuras ni rugosidades. Su composición será de cobre y estaño. De cien (100) partes correspondientes a la composición total de la aleación, el análisis no deberá denunciar la presencia de más de dos (2) partes de zinc y una con cinco (1,5) partes de impurezas; el plomo contenido en dichas impurezas no será superior a cinco décimas por ciento (0,5%) de la composición total de la aleación. Se admite una tolerancia de cinco décimas por ciento (0,5%) menos para la presencia de estaño, lo que corresponde a la titulación novecientos veinticinco setenta y cincoavos (925/75).

El bronce de alta resistencia será sometido a ensayos de tracción de probetas, obtenidas por laminación y recocido, de cien milímetros de longitud (100 mm.) y torneadas

con trece con ocho milímetros (13,8 mm.) de diámetro. Los ensayos se realizarán según MELC 8,01-a y deberán dar como mínimo los resultados siguientes:

- Tensión de rotura a tracción: Cuarenta y cuatro (44) kg/mm<sup>2</sup>.
- Alargamiento a la rotura: Veinte por ciento (20%).
- Límite elástico: Veintidós (22) kg/mm<sup>2</sup>.

Las probetas estarán obtenidas de las coladas, fundidas con las piezas, separadas de ellas y marcadas en presencia del representante de la Administración.

### **3.2.10. Cobre**

El cobre para los tubos, chapas, bandas y pletinas será homogéneo y de primera calidad. Tendrá una pureza mínima de noventa y nueve con setenta y cinco por ciento (99,75%).

La resistencia a la tracción será la siguiente:

- Cobre recocido: 20 kg/mm<sup>2</sup>.
- Cobre semiduro: 30 kg/mm<sup>2</sup>.
- Cobre duro: 37 kg/mm<sup>2</sup>.

El cobre para conductores eléctricos tendrá una conductibilidad mínima del noventa y ocho por ciento (98%) referida al padrón internacional. Su carga de rotura no será inferior a veinticuatro kilogramos por milímetro cuadrado (24 kg/mm<sup>2</sup>.) y el alargamiento permanente en el momento de producirse la rotura no será inferior al veinte por ciento (20%).

### **3.2.11. Polietileno**

El polietileno puro podrá ser fabricado a alta presión llamado polietileno de baja densidad o fabricado a baja presión llamado de alta densidad.

El polietileno puro fabricado a alta presión (baja densidad) tendrá las siguientes características:

- Peso específico hasta novecientas treinta milésimas de gramo por milímetro cúbico (0,930 g/mm<sup>3</sup>) UNE 53188.



- Coeficiente de dilatación lineal de doscientos a doscientos treinta (200-230) millonésimas por grado Celsius.
- Temperatura de reblandecimiento ochenta y siete grados (87° C) centígrados, realizado el ensayo con carga de un (1) kilogramo. UNE 53188.
- Índice de fluidez se fija como máximo en dos (2) gramos por diez (10) minuto (UNE 53118).
- Módulo de elasticidad a veinte grados centígrados (20 °C) igual o mayor que mil doscientos (1.200) kg/cm<sup>2</sup>.
- Valor mínimo de la tensión máxima (resistencia a la tracción del material) a tracción, no será menor de cien (100) kilogramos por centímetro cuadrado y el alargamiento a la rotura no será inferior a trescientos cincuenta por ciento (350%) UNE 53142.

El polietileno puro fabricado a baja presión (alta densidad) que se utilice en tuberías tendrá las siguientes características:

- Peso específico mayor de novecientas cuarenta milésimas de gramo por milímetro cúbico (0,940 g/mm<sup>3</sup>). (UNE 53188).
- Coeficiente de dilatación lineal de doscientas a doscientos treinta (200-230) millonésimas por grado centígrado.
- Temperatura de reblandecimiento no menor de cien grados centígrados (100 °C) realizado el ensayo con carga de un (1) kilogramo (UNE 53118).
- Índice de fluidez se fija como máximo en cuatro décimas (0,4) de gramo por diez (10) minutos, (UNE 53118).
- Módulo de elasticidad a veinte grados centígrados (20 °C) igual o mayor que nueve mil (9.000) kg/cm<sup>2</sup>.
- Valor mínimo de la tensión máxima (resistencia a la tracción del material) a tracción, no será menor que ciento noventa (190) kilogramos por centímetro cuadrado y el alargamiento a la rotura será inferior a ciento cincuenta por cien (150%) con velocidad de cien más menos veinticinco (100±25) milímetros por minuto (UNE 53023).

### **3.2.12. Goma para juntas**

El caucho natural empleado en las juntas deberá ser vulcanizado, homogéneo, exento de caucho regenerado y tener un peso específico no superior a uno con uno (1,1) kg/dm<sup>3</sup>.

El contenido de caucho natural en bruto de primera calidad no deberá ser inferior a setenta y cinco por ciento (75%) en volumen, aún cuando preferiblemente deberá alcanzar un porcentaje superior.

Deberá estar totalmente exento de cobre, antimonio, mercurio, manganeso, plomo y óxidos metálicos, excepto el óxido de zinc. El extracto acetónico será como máximo de seis por ciento (6%).

El contenido total de azufre, libre y combinado, no será superior a dos por ciento (2%). El contenido en cenizas será inferior al diez por ciento (10%) y estarán constituidas exclusivamente por óxido de zinc y carbonato cálcico.

El extracto clorofórmico no deberá ser superior al dos por ciento (2%). El extracto de potasa alcohólica y la carga deberán ser tenidos en cuenta para no sobrepasar el límite del veinticinco por ciento (25%).

Las cargas deberán estar compuestas de óxido de zinc puro, de negro de humo, también puro, siendo tolerado el carbonato cálcico.

Las piezas de caucho deberán tratarse con antioxidante cuya composición no permita que se alteren su aspecto ni sus características físicas o químicas después de una permanencia durante cuatro (4) meses en el almacén en condiciones normales de conservación.

No serán admitidas en la composición del caucho para las conducciones de agua potable, las sustancias que pudieran alterar las propiedades organolépticas del agua.

Se prohíbe el empleo de caucho regenerado así como la presencia de cobre, antimonio, mercurio, manganeso, plomo y óxidos metálicos, excepto óxido de zinc.

Las características físicas y tecnológicas serán las mismas indicadas para el caucho natural.

### **3.2.13. Pinturas**

Elementos constitutivos de las pinturas:

Agua	Deberá ser pura, no conteniendo sales ni materias orgánicas que puedan alterar los colores o los aglutinantes.
Aceite de linaza	Será cocido y cumplirá las condiciones de la norma UNE 48003
Aguarrás	Cumplirá las condiciones de la norma UNE 48013
Cola	Podrá ser de origen animal o vegetal
Colores o pigmentos	Deberán ser fijos, insolubles en agua e inalterables por la acción de los aceites o de otros colores, tendrán la facultad de incorporarse al aceite, cola, etc. Y facilidad para extenderse y de cubrición. Deberán cumplir las prescripciones señaladas en la norma UNE 48101.
Esmalte	El esmalte de color será inalterable y muy brillante, propiedad que conservará aunque humedezca y frote. Secarán perfectamente antes de las doce (12) horas.
Secantes líquidos	Serán de la mejor calidad y en la mezcla no deberán alterar el color de las pinturas. Secarán en un período de tiempo inferior a las doce (12) horas.

El contratista especificará y justificará en cada caso de acuerdo con las normas en vigor, las condiciones de las pinturas a emplear en los distintos puntos, cuidando muy especialmente de establecer las condiciones de las que se utilicen para protección de las superficies metálicas, o de fábricas, que puedan estar sujetas a ambientes húmedos y corrosivos.

#### **3.2.14. Compuertas murales**

Estarán construidas con perfiles de hierro, chapa de acero y guías metálicas empotradas en el hormigón, apropiadas para cierre hermético.

El accionamiento de las mismas será manual.

#### **3.2.15. Válvulas**

Las válvulas serán del tipo que la dirección de la obra estime el más adecuado de cara a la línea y servicio en que vayan a ser instaladas.

Estarán libres de defectos, irregularidades, etc., que puedan dificultar su instalación o montaje, o que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

Durante su instalación se tendrá especial cuidado de alinear correctamente los extremos con la tubería en la que vayan a ser instaladas.

El apriete de los espárragos se hará con llave dinamométrica, previa introducción de las correspondientes juntas.

#### **3.2.16. Bombas**

Las bombas a instalar, serán iguales a aquellas con las que formen pareja y junto a las cuales conformen un grupo de bombeo.

Las bombas se suministrarán con la correspondiente bancada, sobre la que se montará el conjunto bomba – motor. La bancada estará constituida por perfiles de acero, dimensionada de forma que soporte los esfuerzos de arranque, y garantizará la estabilidad del conjunto bomba – motor.

Cada bomba será instalada dejando una pendiente para la evacuación de posibles derrames. Esta pendiente se dirigirá hacia el lado opuesto del motor.

El contratista presentará al ingeniero director los planos y memorias descriptivas de las bombas a emplear, acompañados de los correspondientes certificados de pruebas de sobrecarga, rodaje, etc., efectuadas en el taller del fabricante.

### **3.2.17. Tuberías y accesorios**

#### 3.2.17.1. Condiciones generales

Tanto en cuanto a las calidades que deben reunir los materiales, como los propios tubos, uniones, juntas, llaves, piezas especiales, y los ensayos correspondientes, deberán tenerse en cuenta las especificaciones del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de Abastecimiento de Agua, aprobado por orden Ministerial de 28 de Julio de 1974.

Estarán exentas de fisuras, grietas, poros, impurezas, deformaciones o faltas de homogeneidad, así como de otros defectos que pudieran disminuir su resistencia y apartar su comportamiento del esperado por sus características.

#### 3.2.17.2. Tubos de cloruro de polivinilo

Los tubos de PVC serán elaborados a partir de resina de cloruro de polivinilo pura, obtenida por el proceso de suspensión y mezcla posterior extensionada.

Serán de tipo liso según DIN-9662 y UNE-53112 y se soldarán según las instrucciones de las normas DIN-16930.

Estarán timbradas con las presiones normalizadas de acuerdo con el T.P.C.

Cumplirán las condiciones técnicas y de suministro según las normas DIN-8062.

#### 3.2.17.3. Otros tipos de tuberías

Para otras clases de tuberías en las que no se especifican las condiciones particulares en este Pliego, cumplirán las condiciones impuestas en el Pliego correspondiente a cada tipo de las que tuvieran que emplear.

#### 3.2.17.4. Piezas especiales para tuberías

Las piezas especiales, tes, codos, manguitos, etc. cumplirán las condiciones exigidas a los tubos de su clase más las inherentes a la forma especial de las piezas.

#### 3.2.17.5. Herrajes para fijación de tuberías.

Serán de hierro galvanizado y deberán permitir la libre dilatación de las tuberías.

### **3.2.18. Recepción de materiales eléctricos**

Todos los materiales empleados deberán ser de primera calidad y abstenerse estrictamente a las especificaciones de este Pliego.

Se realizarán cuantos análisis y pruebas se ordenen por la Dirección Facultativa, aunque éstos no estén indicados en este Pliego, los cuales se ejecutarán en los laboratorios que elija la Dirección, siendo los gastos ocasionados por cuenta de la Contrata, según lo expresado en 3.1.3. Ensayos.

Responderán todos los materiales a las características de tensión, intensidades, aislamientos, pruebas, etc. del tipo de material que se indica en los Cuadros de Precios, o en los Planos, como idóneo para instalar.

### **3.2.19. Disposiciones correspondientes a los equipos técnicos.**

Los equipos técnicos que integren la instalación, cumplirán con las normas vigentes generales y las particulares que se indican en el presente Pliego de Prescripciones, tanto en la calidad, como en las disposiciones constructivas.

Asimismo, serán probados en base a las correspondientes necesidades cualitativas, mecánicas, hidráulicas y eléctricas.

En líneas generales, la disposición y diseño adoptados en los mencionados equipos, posibilitarán el acceso a los puntos de engrase, inspección y ajuste, incluyendo los elementos necesarios para realizar estas operaciones.

Los conjuntos motrices que consten de dos o más elementos de ejecución independientes, se nivelarán con presión en obra, impidiendo las vibraciones que puedan afectar a sus anclajes y asientos.

Se tendrá en cuenta la calidad contrastada en el mercado de las marcas probables, así como la facilidad de reposición o sustitución de los elementos que lo requieran, incluso la asistencia técnica necesaria y servicios de mantenimiento.

## **4. EJECUCIÓN Y CONTROL DE LAS OBRAS**

### **4.1. Condiciones generales de ejecución**

#### **4.1.1. Obras del proyecto**

Todas las obras comprendidas en el Proyecto se ejecutarán de acuerdo con los Planos del mismo y con las prescripciones del presente Pliego. En caso de duda u omisión será la Dirección Facultativa quien resuelva las cuestiones que puedan presentarse.

#### **4.1.2. Comprobación del replanteo**

Se considerará de plena aplicación lo preceptuado en el artículo 127 del Reglamento General de Contratación con los complementos siguientes:

- Los puntos de referencia para sucesivos replanteos se marcarán mediante estacas o, si hubiera peligro de desaparición, con mojones de hormigón o piedra.
- El Contratista se responsabilizará de la conservación o reposición, en su caso, de los puntos del replanteo.
- Serán de cuenta del Contratista los gastos que se originen en estas operaciones.

#### **4.1.3. Programa de trabajo**

Serán de aplicación los párrafos que siguen:

- El Contratista presentará antes del comienzo de las obras un programa de trabajos en el que se especificarán los plazos parciales de ejecución de las distintas obras, compatibles con el plazo total de ejecución.
- El programa será puesto al día periódicamente y por lo menos una vez cada trimestre, para adaptarse a las variaciones de ejecución de las obras. Este programa modificado será sometido a la consideración de la Dirección Facultativa; pasados 10 días sin comentarios por parte de la misma, se considera que el programa presentado por el Contratista ha sido aprobado. Si el programa de trabajos presentado no fuera aprobado por la Administración, ésta introducirá las variantes que estime convenientes.



El Contratista deberá modificar el personal técnico, los medios auxiliares, la maquinaria y la mano de obra, a requerimiento de la Administración, si se comprueba que ello es necesario para el desarrollo de las obras en los plazos previstos.

#### **4.1.4. Aportación de equipo y maquinaria**

Además de lo estipulado en el P.C.G. se tendrá en cuenta lo siguiente:

- La potencia o capacidad de los equipos y maquinaria deberán ser las adecuadas para la obra a ejecutar dentro del plazo programado.
- Los equipos deberán mantenerse en todo momento en condiciones de trabajo satisfactorias, haciendo las revisiones o reparaciones necesarias para ello.

#### **4.1.5. Iniciación de las obras**

Una vez aprobado el Programa de Trabajos por la Dirección Facultativa, se dará por ella misma la orden de iniciación de las obras a partir de cuya fecha se contarán los plazos de ejecución establecidos.

#### **4.1.6. Replanteo de detalle de las obras**

La Dirección Facultativa suministrará al Contratista toda la información para que los replanteos de detalle puedan ser realizados.

El Contratista proveerá todos los materiales, equipos y mano de obra necesarios para efectuar los citados replanteos y determinar los puntos de control o de referencia que se requieran.

#### **4.1.7. Acopios**

Queda terminantemente prohibido efectuar acopios de materiales. Cualquiera que sea su naturaleza, en aquellas zonas que interfieran cualquier tipo de servicios públicos o privados, excepto con autorización de la Dirección Facultativa en el primer caso, o del propietario de los mismos en el segundo.

Los materiales se acopiarán en forma tal, que se asegure la preservación de su calidad para utilización en las obras, requisito que podrá ser comprobado en el momento de su utilización, mediante los ensayos correspondientes.

Las superficies empleadas como zonas de acopio deberán acondicionarse, una vez terminada la utilización de los materiales acumulados en ellas, de forma que puedan recuperar su aspecto original.

#### **4.1.8. Señalización**

El Contratista queda obligado al cumplimiento de lo preceptuado en el P.C.G. corriendo a su costa los gastos por este concepto.

#### **4.1.9. Métodos constructivos**

El Contratista podrá emplear cualquier método constructivo que estime adecuado para ejecutar las obras. También podrá variar los procedimientos constructivos durante la ejecución de las obras, sin más limitación que la aprobación previa de la Dirección Facultativa, el cual la otorgará en cuanto los nuevos métodos no alteren el presente Pliego.

En el caso de que el Contratista propusiera en su Plan de Obra y Programa de Trabajo o, posteriormente, a tenor con el párrafo anterior, métodos constructivos que a su juicio implicaran especificaciones especiales, acompañará su propuesta con un estudio especial de la adecuación de tales métodos y una descripción con detalle del equipo que se propusiera emplear.

La aprobación, por parte de la Dirección Facultativa, de cualquier método de trabajo o maquinaria para la ejecución de las obras, no responsabiliza a la Administración de los resultados que se obtuvieran, ni exime al Contratista del cumplimiento de los plazos parciales y totales señalados si con tales métodos o maquinaria no se consiguiese el ritmo perseguido.

#### **4.1.10. Ordenación de los trabajos**

El Contratista, dentro de las prescripciones del presente Pliego, tendrá libertad de dirigir y ordenar la marcha de las obras según estime conveniente, con tal de que ello no resulte perjudicial para la buena ejecución.

#### **4.1.11. Condiciones de la localidad**

El Contratista deberá conocer suficientemente las condiciones de la localidad, de los materiales utilizables y de todas las circunstancias que puedan influir en la ejecución y en el coste de las obras.

#### **4.1.12. Facilidades para la inspección**

El Contratista proporcionará a la Dirección Facultativa, toda clase de facilidades para poder supervisar las distintas obras, con objeto de comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en el presente Pliego, permitiendo el acceso a todas las partes de dichas obras.

#### **4.1.13. Trabajos no autorizados y trabajos defectuosos**

Los trabajos ejecutados por el Contratista, modificando lo prescrito en los documentos contractuales del proyecto sin la debida autorización, y que sean defectuosos, no solamente no serán de abono en ningún caso, sino que deberán ser derruidos a su costa si la Dirección Facultativa así lo exige. No obstante, ésta estudiará y aprobará o rechazará las soluciones alternativas para solucionar estos problemas que presentase a tal fin el Contratista.

#### **4.1.14. Permisos**

El Adjudicatario deberá proveerse de todos los permisos necesarios para empezar las obras, con excepción de los correspondientes a las expropiaciones de las zonas referidas en el Proyecto.

La Administración reelaborará activamente en la consecución de todos los permisos.

## **4.2. Unidades de obra**

### **4.2.1. Desbroce del terreno**

Todos los subproductos forestales, excepto la leña de valor comercial, serán quemados de acuerdo con lo que sobre el particular ordene la Dirección Facultativa.

Los materiales no combustibles podrán ser utilizados por el Contratista, en la forma y en los lugares que señale la citada Dirección.

### **4.2.2. Excavaciones y desmontes**

#### **4.2.2.1. Excavación en roca y excavación normal.**

La excavación en roca comprende toda la excavación correspondiente a masas de roca, depósitos estratificados y la de todos aquellos materiales que presenten características de roca maciza, cementados tan sólidamente que únicamente puedan ser removidos utilizando explosivos. Se incluyen asimismo los bolos o fragmentos de roca de volumen superior a medio metro cúbico (0,5 m<sup>3</sup>).

La excavación normal comprende la excavación de todos los restantes tipos de terreno, que puedan ser removidos con la utilización de equipos mecánicos más o menos pesados y que por lo tanto no estén incluidos en la clasificación anterior. Se incluyen bolos o fragmentos de roca de volumen inferior a medio metro cúbico (0,5 m<sup>3</sup>).

#### **4.2.2.2. Excavación en desmonte.**

Una vez terminadas las operaciones de desbroce del terreno se iniciarán las obras de excavación, ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en los Planos, el presente Pliego, replanteos definitivos, y a lo que sobre el particular ordene la Dirección Facultativa.

Se tomarán todas las precauciones necesarias para alterar lo menos posible la roca o el terreno, en las proximidades del perfil de la excavación, tanto en soleras como en taludes.

#### **4.2.2.2.1. Drenaje.**

El Contratista ejecutará cuantas zanjas de desagüe sean necesarias, para evitar que las aguas de lluvia o las que broten en el terreno se almacenen en las excavaciones.

#### 4.2.2.2.2. Tierra vegetal.

La tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones y que no se hubiera extraído en el desbroce, se removerá salvo prescripciones en contrario de la Dirección Facultativa, y se acopiará para su utilización posterior en protección de taludes o superficies erosionables, o donde ordene la citada Dirección. En cualquier caso, la tierra vegetal extraída se mantendrá separada del resto de los productos excavados, cuando estos sean utilizados para formación de replanteos.

#### 4.2.2.2.3. Utilización de productos excavados.

Todos los materiales que se obtengan de la excavación y sean aptos para la formación de terraplenes y rellenos, se transportarán directamente a las zonas de utilización o a las que, en su defecto, señale la Dirección Facultativa. En este caso se amontonará ordenadamente a distancia suficiente de los bordes de los taludes, con objeto de evitar sobrecargas e impedir deslizamientos o derrumbamientos. Los productos sobrantes o no utilizables, se transportarán a lugares convenientes (vertederos), debiendo ser convenientemente extendidos.

### **4.2.3. Excavación para emplazamiento y cimientos**

Se considera de aplicación lo preceptuado en el apartado anterior, con los complementos siguientes:

#### 4.2.3.1. Entibaciones.

Si fuese indispensable, para evitar excesos de excavación inadmisibles, podrá la Dirección Facultativa prescribir entibaciones que el Contratista habrá de emplear.

Por otra parte, el Contratista está obligado al empleo de las entibaciones necesarias para evitar desprendimientos, sin esperar a indicaciones concretas de la Dirección Facultativa, siempre que la calidad de los terrenos o la profundidad de la zanja lo aconseje; siendo de su plena responsabilidad la retirada de los desprendimientos que pudieran producirse y los rellenos consiguientes, así como los posibles accidentes laborales que pudieran producirse.

#### 4.2.3.2. Cotas de cimentación.

La excavación para cimientos se profundizará hasta el límite y en la forma que fije la Dirección. Encargado, a fin de que las obras incidan sobre el terreno suficientemente firme, sin que por esta causa puedan sufrir alteraciones los precios aplicables.

#### 4.2.3.3. Agotamientos.

El Contratista queda obligado a verificar por su cuenta todos los agotamientos y desviaciones de las aguas, de cualquier procedencia que fueren, que pudieran encontrarse en las zanjas y terrenos en que las fábricas hayan de incidir, así como a desviar las corrientes y aguas pluviales que pudieran presentarse.

#### 4.2.3.4. Superficies de cimentación y relleno de cimientos.

Las superficies de cimentación se limpiarán de todo el material suelto o flojo que posean, y sus grietas y hendiduras se rellenarán adecuadamente. Asimismo se eliminarán todas las rocas sueltas o desintegradas y los estratos excesivamente delgados. Cuando los cimientos apoyen sobre material cohesivo, la excavación de los últimos treinta centímetros (30 cm.) no se efectuará hasta momentos antes de efectuar el hormigonado de aquellos.

Deberán macizarse completamente, bien con tierras completamente consolidadas, bien con gravas y arcillas u otros materiales los espacios que queden entre las paredes de las zanjas y de las fábricas cuando éstas no deban incidir sobre aquellas.

#### 4.2.3.5. Medios auxiliares.

El Contratista queda en libertad para emplear los medios auxiliares y procedimientos que juzgue preferibles al realizar la cimentación de las obras, con tal de que ésta pueda realizarse en la forma prescrita en este artículo y en los demás documentos del presente Proyecto y se pueda llevar a cabo dentro de un plazo razonable, en armonía con el total fijado para la obra, sin que se entienda que dicho Contratista se halla obligado a emplear los mismo medios que se hayan supuesto en el Proyecto. Esto no obstante, los que se proponga emplear, si fuesen distintos o no estuvieran previstos en él, habrán de merecer la aprobación de la Dirección Facultativa, quien podrá no concederla cuando sean reconocidamente inadecuados, insuficientes o inseguros, no ofrezcan garantías para la buena ejecución de las obras, puedan ser causa de perjuicio o desperfecto en las fábricas o en el terreno o no permitan asegurar que aquellas puedan terminarse en el plazo fijado.

#### 4.2.3.6. Cambios en la cimentación.

Si del reconocimiento practicado al abrir las zanjas resultase la necesidad o conveniencia de variar el sistema de cimentación propuesto, la Dirección Facultativa podrá formular los proyectos respectivos sobre los cuales deberá recaer la aprobación superior, sin perjuicio de proceder desde luego con arreglo a las atribuciones que las Direcciones de obra tienen en la actualidad o se les confieran en lo sucesivo por los Reglamentos o Instrucciones del Servicio.

#### **4.2.4. Excavación en zanja**

Se considera de aplicación lo preceptuado en el apartado 4.2.2. y en el 4.2.3. anteriores con los complementos siguientes:

##### 4.2.4.1. Trazado.

Se efectuarán las zanjas con las alineaciones y desniveles previstos en los planos del Proyecto y en los replanteos definitivos y con las modificaciones que en su caso indique la Dirección Facultativa.

##### 4.2.4.2. Ejecución.

La apertura de la zanja podrá efectuarse con medios mecánicos o manuales, pero en el caso, el fondo de la zanja se refinará a mano.

La profundidad de las zanjas será la que señale en los Planos o la que, en su caso, señale la Dirección Facultativa, debiendo resultar protegidas de los efectos del tráfico y cargas exteriores, así como preservadas de las variaciones importantes de temperatura del medio ambiente.

No se permitirá tener la zanja abierta a su rasante final más de ocho días antes de la colocación de la tubería. En caso de terrenos arcillosos o margosos de fácil meteorización, si fuese absolutamente imprescindible efectuar con más plazo la apertura de las zanjas, se dejarán sin excavar unos veinte (20) centímetros sobre la rasante de la solera para realizar su acabado en plazo inferior al citado.

Se excavará hasta la línea de rasante siempre que el terreno sea uniforme. Si quedan al descubierto piedras, cimentaciones, roca, etc., será necesario excavar por debajo de la

rasante para efectuar un relleno posterior. Normalmente esta excavación suplementaria tendrá de quince a treinta (15 a 30) centímetros de espesor.

Cuando por su naturaleza, y a juicio de la Dirección Facultativa, terreno a nivel de la rasante del fondo no asegure la completa estabilidad de la obra que ha de incidir sobre ella deberá procederse a su compactación por los procedimientos que se indiquen.

El material procedente de la excavación se apilará lo suficiente alejado del borde de las zanjas para evitar el desmoronamiento de éstas o que el desprendimiento del mismo pueda poner en peligro a los trabajadores. El Material sobrante se transportará a vertedero.

#### 4.2.4.3. Agotamiento de las excavaciones en zanjas.

En el caso de que la zanja cortase el nivel freático y la cuantía de las aportaciones en el interior de las mismas hiciese necesario el agotamiento, se procederá a esta operación que se mantendrá durante el tiempo preciso para la adecuada terminación de la unidad de obra para la que había sido abierta.

Se planteará el ancho preciso de la misma, el cual es el que ha de servir de base al abono del arranque y reposición del pavimento correspondiente. Los productos aprovechables de éste se acoplarán en las proximidades de las zanjas.

#### **4.2.5. Rellenos de zanjas**

El relleno de zanjas se hará con productos seleccionados de la excavación pero si estos no son aptos para el adecuado relleno y compactación, el Contratista deberá efectuarlo con tierras de préstamos.

Los rellenos se realizarán cuidadosamente por tongadas no mayores a treinta (30 cm.) de espesor, las cuales se compactarán con mecanismos adecuados, manuales o mecánicos.



#### **4.2.6. Fábricas de hormigón hidráulico**

##### 4.2.6.1. Tipos de hormigón.

Para su empleo en las distintas clases de obra, y de acuerdo con la resistencia característica, se establecen los tipos de hormigón que se indican en la tabla adjunta.

Tipo	Resistencia característica (kg/cm <sup>2</sup> ) a los 28 días	Utilización preferente
HM-20	20	Hormigón presoleras y limpiezas de terrenos en fondos de excavación.
HA-30	30	Hormigón para armar.

El contenido está obligado inexcusablemente a conseguir las resistencias mínimas características señaladas para cada tipo de hormigón, para lo cual además de la adecuada dosificación y clasificación de los áridos, empleará la cantidad de cemento necesario para obtenerlo. Si esta cantidad de cemento fuese superior a la mínima exigida en la definición del hormigón, el Contratista no tendrá derecho a reclamar un precio distinto al que para cada hormigón se asigna en el Cuadro de Precios unitarios de este Proyecto.

##### 4.2.6.2. Dosificación de hormigón.

La dosificación de los diferentes materiales para la fabricación del hormigón se hará, en la medida de lo posible, por peso, siendo preceptiva la del cemento.

Sobre las dosificaciones previstas no se admitirán otras tolerancias que las siguientes: el dos por ciento (2%) para cada uno de los tamaños de áridos; el uno por ciento (1%) para el cemento y el uno por ciento (1%) para el agua.

#### 4.2.6.3. Fabricación del hormigón.

La situación y disposición de las plantas de hormigonado serán sometidas a la aprobación de la Dirección Facultativa de la obra. En cada mezcladora figurará su capacidad y velocidad en revoluciones por minuto recomendada por el fabricante.

En cuanto al proceso de fabricación se ajustará a lo estipulado en la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado.

Si los acopios de los áridos se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los diez (10) centímetros inferiores de cada depósito.

Los productos de adición que se empleen se añadirán a la mezcla, disueltos en una parte del agua del amasado. El empleo de cualquier aditivo cumplirá lo prescrito en la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado.

#### 4.2.6.4. Transporte del hormigón.

El transporte desde la hormigonera se realizará de la manera más rápida posible, empleando métodos que impidan toda segregación, exudación, vaporización de agua o intrusión de cuerpos extraños en la mezcla.

La máxima caída libre vertical de las masas, en cualquier punto de su recorrido, no excederá de un (1) metro, y se procurará que la descarga del hormigón en la obra se realice lo más cerca posible de su lugar de empleo, para reducir al mínimo las manipulaciones posteriores.

Cuando se utilicen centrales para dosificar en seco y las mezclas hayan de ser transportadas hasta la hormigonera, se pondrá especial cuidado para evitar la pérdida de cemento durante el recorrido.

#### 4.2.6.5. Colocación del hormigón.

La forma de colocación del hormigón será aprobada por la Dirección de la obra, que comprobará si hay pérdida de homogeneidad en la masa o se desplazan las armaduras en el momento del hormigonado.

No se usarán cintas transportadoras, canaletas tubos, tolvas o equipos similares si no son especialmente aprobados por la Dirección Facultativa.

La compactación de los hormigones se realizará por vibración. La compactación se continuará especialmente junto a los parámetros y rincones del encofrado para eliminar las posibles coqueas y conseguir que la pasta refluya a la superficie. El hormigón no se trasladará dentro del encofrado usando el vibrador.

No se podrá hormigonar cuando la lluvia pueda perjudicar la resistencia y demás características exigidas al hormigón.

Las superficies sobre las que ha de hormigonarse, estarán limpias, sin agua estancada, o de lluvia, sin restos de aceite, hielo, fangos, delgadas capas de lechada, etc.

Todas las superficies de suelo o roca debidamente programadas se mojarán inmediatamente antes del hormigonado.

#### 4.2.6.6. Curado del hormigón.

Durante el primer periodo de endurecimiento, se someterá el hormigón a un proceso de curado según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climatológicas. En cualquier caso deberá seguirse la norma dada por la Instrucción vigente.

Se extremará la vigilancia de la necesidad del riego. Se emplearán preferentemente mangueras de goma, prescribiéndose la tubería de hierro si no es galvanizada. Se prohíbe el empleo de tuberías que puedan hacer que el agua contenga sustancias nocivas para el fraguado, resistencia y buen aspecto del hormigón. La temperatura del agua empleada en el riego no será inferior a la del hormigón en más de veinte (20) grados centígrados.

#### **4.2.7. Armaduras de acero para hormigones**

La preparación, ejecución y colocación de las armaduras cumplirán las normas de la Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado.

#### **4.2.8. Arranque y reposición del pavimento**

Cuando se precise levantar un pavimento existente para la ejecución de la zanja, se marcará en su superficie el ancho absolutamente imprescindible. Este ancho servirá de base para la medición y abono de esta clase de obra.

La reposición del pavimento podrá hacerse empleando los mismos materiales obtenidos al levantarlo; sin embargo la Dirección Facultativa podrá prohibir el empleo de la totalidad o parte de dichos materiales, siempre que, a su juicio, hayan perdido sus condiciones primitivas. La obra quedará ejecutada de modo que no desmerezca en nada el pavimento anterior o al colindante.

#### **4.2.9. Fábrica de ladrillo.**

Antes de su colocación en obra, los ladrillos deberán ser saturados de humedad, aunque bien escurridos del exceso de agua, con objeto de evitar el lavamiento de los morteros.

El asiento del ladrillo en cajeros de secciones rectangulares se efectuará por hiladas horizontales; no debiendo corresponder en un mismo plano vertical las juntas de dos hiladas consecutivas.

En secciones de distinto tipo o en otra clase de obras se emplearán los aparejos que la Dirección fije en cada caso.

Los tendeles no deberán exceder en ningún punto de quince (15) milímetros y las juntas no serán superiores a nueve (9) milímetros en parte alguna.

Para colocar los ladrillos una vez limpios y humedecidas las superficies sobre las que han de descansar, se echará el mortero en cantidad suficiente para que comprimiendo fuertemente sobre el ladrillo y apretando además contra los inmediatos, queden los espesores de juntas señalados y el mortero refluya por todas partes.

Las juntas en los paramentos que hayan de enlucirse o revocarse quedarán sin rellenos a tope, para facilitar la adherencia del revoco o enlucido que completarán el relleno y producirá la impermeabilización de la fábrica de ladrillo.

#### **4.2.10. Enlucido.**

Sobre el ladrillo y mampostería se ejecutarán embebiendo previamente de agua la superficie de la fábrica.

Los enlucidos sobre hormigones se ejecutarán cuando éstos estén todavía frescos, rascando previamente la superficie para obtener una buena adherencia. Al tiempo de aplicar el mortero a la superficie que se enluzca se hallará esta húmeda, pero sin exceso de agua que pudiera lavar los morteros.

El enlucido deberá hacerse en general en una sola capa, arrojando mortero sobre la superficie a enlucir, de modo que quede adherido a ella, alisándolo después convenientemente, fratasando, es decir, presionando con fuerza con paleta de madera.

Los enlucidos se mantendrán húmedos por medio de riegos muy frecuentes durante el tiempo necesario, para que no sea de temer la formación de grietas por desecación.

Se levantará, picará y rehará por cuenta del Contratista todo enlucido que presente grietas, o que por el sonido que produzca al ser golpeado, o por cualquier otro indicio, se aprecie que estaba desprendiéndose del paramento de fábrica.

#### **4.2.11. Tubería de presión**

##### **3.2.11.1. Montaje.**

Los tubos se montarán aproximando el que se debe montar al otro, de forma que su eje coincida con el anterior.

Las pendientes en cada tramo, serán uniformes. En las alineaciones, no se cometerá un error entre ejes de más de un 5% (cinco por ciento).

##### **4.2.11.2. Prueba.**

Antes de efectuar la prueba se tendrá especial interés en comprobar que:

La tubería estará apoyada sobre la capa de asiento, espesor mínimo de diez (10) centímetros, los bloques de anclaje deben estar bien contruidos y en buenas condiciones de

resistencia. Las piezas especiales estarán perfectamente apoyadas y andadas y el relleno de la zanja estará a una altura mínima por encima del eje de la tubería sesenta (60) centímetros, dejando las uniones destapadas para comprobación de las mismas como probable punto de fuga.

El tramo a probar estará lleno de agua por lo menos 24 horas antes de comenzar las pruebas de presión. Se procurará que todo el tramo expulse el aire que pueda contener.

La presión interior de prueba en zanja de la tubería será un cuarenta (40) por ciento superior a la presión máxima de trabajo. El ensayo se realiza haciendo subir lentamente la presión de forma que el incremento de la misma no supere un (1) kilogramo por centímetro cuadrado y minuto. Una vez obtenida la presión, se tapaná durante treinta (30) minutos, y se considerará satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no acuse un descenso superior a raíz cuadrada de P partido por cinco  $P/5$ .

Se exigirán todas las pruebas prescritas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de Abastecimiento de agua de 28 de julio de 1974.

#### 4.2.11.3. Relleno y tapado.

Una vez realizada la prueba y comprobado que todos los elementos de las instalaciones están en perfectas condiciones de trabajo, se procederá al tapado de la zanja. Se procurará que todas las capas de tierra estén exentas de piedras, que puedan ocasionar la rotura de tubería.

Se procederá a una compactación por tongadas de veinte (20) centímetros, con especial cuidado en el retacado de la tubería por su parte superior y laterales.

#### **4.2.12. Otras fábricas y trabajos**

En la ejecución de otras fábricas y trabajos para los cuales no existiesen prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego, el Contratista se atenderá en primer término a lo que sobre ello se detalle en los Planos y Presupuesto, y en segundo, a las instrucciones que reciba de la Dirección Facultativa de la obra, de acuerdo con los pliegos o normas oficiales que sean aplicables en cada caso.

#### **4.2.13. Orden de los trabajos**

La marcha simultánea o sucesiva de la construcción de las diversas partes de la obra será de incumbencia exclusiva del Contratista, el cual, en cada caso, dará las oportunas instrucciones a su personal referentes al orden de los trabajos.

#### **4.2.14. Limpieza de las obras**

Es obligación del Contratista limpiar las obras y sus inmediaciones de escombros y de restos de materiales, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas oportunas para que las obras ofrezcan un buen aspecto y evitar, en lo posible, cualquier tipo de molestias a los habitantes próximos a las obras.

#### **4.2.15. Pruebas y ensayos**

##### 4.2.15.1. Condiciones generales.

Los ensayos y reconocimientos, verificados durante la ejecución de las obras, no tienen otro carácter que el de simple antecedente para la Recepción. Por lo tanto, la admisión de materiales, elementos o unidades, de cualquier clase que se realice en el curso de la obra y antes de su Recepción, no atenúa las obligaciones de subsanarlos o reponerlos si las instalaciones resultaran inaceptables parcial o totalmente, en el momento de la Recepción.

Por la Dirección de las obras se inspeccionarán los distintos elementos de las instalaciones en obra y será obligación del Contratista el tomar las medidas necesarias para facilitar todo género de inspecciones.

Todos los gastos necesarios para la realización de las pruebas y ensayos, serán de cuenta del Contratista según lo expresado en 3.1.3. Ensayos.

##### 4.2.15.2. Pruebas en taller.

De los elementos fabricados en taller es necesario, según su importancia, realizar pruebas antes de su envío a la obra, o simplemente entregar protocolos oficiales de pruebas de homologación de las firmas fabricantes.

#### 4.2.15.3. Pruebas durante la construcción.

Los representantes de la Administración durante la construcción, podrán realizar las pruebas que consideren convenientes una vez instalados los elementos en obra, debiendo el Contratista colaborar para la realización de dichas pruebas. De las mismas se redactarán certificaciones firmadas por los representantes en obra de la Administración y el Contratista.

Estas pruebas incluyen pruebas hidráulicas, resistencia de hormigones y similares, etc.

#### 4.2.15.4. Pruebas de sistemas.

Los sistemas de control, alarma, seguridad, accionamientos automáticos, enclavamiento e instrumentación, serán probados antes de que pueda considerarse terminado el periodo de puesta a punto. De estas pruebas se redactarán, asimismo, los certificados correspondientes.

#### 4.2.15.5. Puesta a punto.

Esta etapa comienza cuando ha finalizado la construcción y el Beneficiario haya contratado los servicios necesarios (agua, electricidad, telefonía,...). Comprende los trabajos de ajuste y comprobación de la obra civil del funcionamiento del sistema hidráulico, las instalaciones mecánicas, la instalación eléctrica y los sistemas de dosificación química y control, estas pruebas tendrán una duración mínima de siete (7) días.

A lo largo de esta etapa se irá confeccionando una "relación" que contendrá todos los puntos que deben ser sometidos a observación especial.

La Dirección de la obra decidirá qué puntos de esta "relación" han de estar resueltos antes de la Recepción.

#### 4.2.15.6. Fiscalización de ensayos.

Si la Administración considera conveniente auxiliarse de oficinas especializadas para la fiscalización de las pruebas y ensayos a realizar, y de la calidad de los materiales, o juzga conveniente realizar pruebas y ensayos no especificados, los honorarios o gastos correspondientes, correrán a cargo del Contratista, siempre según lo expuesto en 3.1.3. Ensayos.



#### **4.2.16. Instalaciones mecánicas y eléctricas**

##### 4.2.16.1. Equipos.

Siempre habrán de instalarse los equipos proyectados.

El Contratista entregará un mínimo de tres (3) copias de los Manuales de Instrucciones de los equipos instalados, cuyo contenido será como mínimo el siguiente:

- I. Descripción de los equipos.
- II. Características nominales de diseño y de prueba.
- III. Composición y características de los materiales.
- IV. Principios e instrucciones de operación.
- V. Lista de componentes o de despiece.
- VI. Instrucciones de montaje y desmontaje.
- VII. Instrucciones de mantenimiento.
- VIII. Pruebas y controles periódicos.
- IX. Lista de repuestos.

##### 4.2.16.2. Pruebas de equipos mecánicos.

De forma general y en todos los equipos mecánicos, se realizarán dos tipos de ensayos: uno individual del motor y otro del resto del equipo en las plataformas de prueba de sus fabricantes respectivos, así como, por último, otro, una vez acoplados en su situación definitiva.

Antes de proceder a los ensayos de los motores en fábrica se deberá llevar a cabo una cuidadosa inspección de los componentes de los mismos y se comprobará:

- a) Sentido de giro.
- b) Conexiones eléctricas.
- c) Conexión a los instrumentos de medición.

Se realizarán los ensayos de cortocircuitos, vacíos y calentamiento y se determinarán los siguientes valores, representativos del motor:

- Rendimiento.

- Pérdidas globales.
- Factor de potencia.
- Par máximo.
- Par inicial.
- Deslizamiento.
- Intensidad de aceleración.
- Inercia en  $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ .

Para la realización de los ensayos se seguirán las recomendaciones de las normas VDE y CEI. Las pruebas de los equipos en fábrica se harán a su velocidad nominal, si en la misma la instalación eléctrica es suficiente para el arranque de dichos motores; si no fuese posible, se hará con un motor contrastado, a velocidad reducida obteniéndose luego las diversas curvas características, a la velocidad del régimen del motor definitivo a plena carga.

Antes de proceder a los ensayos de los equipos en fábrica se deberá llevar a cabo una cuidadosa inspección de los componentes de los mismos y se comprobará:

- a) Alineación de los ejes.
- b) Sentido de giro.
- c) Conexiones eléctricas del motor.

Instalados en su ubicación definitiva los equipos, se comprobará que no presentan vibraciones, la temperatura de los cojinetes, etc.

#### 4.2.16.3. Instalaciones de equipos eléctricos.

Estas instalaciones se realizarán de acuerdo con el presente Proyecto, debiendo el Contratista observar cuantas normativas preceptivas existan en vigor en el momento de sus montajes.

El Contratista vendrá obligado a presentar a la Dirección Facultativa de las obras las Memorias Técnicas donde se especifiquen todas las marcas y características, de los elementos constitutivos de estas instalaciones, las cuales deberán garantizarse por el fabricante.

Además de las normas generales estipuladas con anterioridad, el Contratista deberá observar meticulosamente todas las normas propias de protección y seguridad, tanto las de buen funcionamiento propias de las instalaciones, sobretensiones, sobreintensidades, corrientes de defectos, etc., como las de seguridad general para las personas que exploten las instalaciones, debiéndose prever la evitación de contactos directos y anular los efectos de los contactos indirectos.

Puerto Real, a Mayo de 2007

El autor del Proyecto, José Antonio Leal Gallardo

**DOCUMENTO N° 4:**

**PRESUPUESTO**

**1. ESTADO DE MEDICIONES**

Ítem	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Subtotal	Total
<b>1</b>	<b>OBRA CIVIL</b>						
1.1	<p>m<sup>3</sup> <b>Vaciado con medios mecánicos terreno suelto</b>                      Excavación con medios mecánicos a cielo abierto en emplazamiento de obras de fábrica en terreno suelto, incluso carga y transporte a vertedero, acopios o lugar de empleo de los productos extraídos, medidos sobre perfiles de excavación.</p>						
	Solera.....	1	12,50	6,00	0,3	22,50	<b>22,50</b>
1.2	<p>m<sup>3</sup> <b>Relleno con zahorra artificial</b>                      Relleno realizado con zahorra artificial, según prescripciones, incluso transporte, extendido, humectación y compactación.</p>						
	Solera.....	1	12,50	6,00	0,20	15	<b>15</b>
1.3	<p>m<sup>3</sup> <b>Hormigón de limpieza HM-20</b>                      Hormigón de limpieza HM-20, no estructural en masa, de 20 MPa de resistencia característica en presoleras y limpiezas de terrenos en fondos de excavación.</p>						
	Solera.....	1	12,50	6,00	0,10	7,50	<b>7,50</b>
1.4	<p>m<sup>3</sup> <b>Hormigón estructural HA-30</b>                      Hormigón estructural HA-30, puesto en obra por medio de bomba en soleras y muros. Terminado conforme a la instrucción de Hormigón Estructural (EHE).</p>						
	Solera.....	1	12,50	6,00	0,30	22,50	
	Muros.....	2	8,25	0,25	0,20	0,82	
		3	4,05	0,25	0,40	1,21	
		1	6,00	0,25	0,20	0,30	
		2	6,00	0,25	0,40	1,20	
		1	2,75	0,25	0,40	0,27	
							<b>26,31</b>
1.5	<p>kg <b>Acero corrugado B-500-S</b>                      Acero redondo corrugado B-500-S para armaduras conforme a la instrucción de Hormigón Estructural (EHE).</p>						
	Solera.....	18	60,00			1.080	
	Muros.....	2,2	80,00			176	
	Solapes y despuntes.....	1,2	0,10			125	
							<b>1.381</b>

Ítem	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Subtotal	Total
<b>2</b>	<b>CUBIERTA Y VENTILACIÓN</b>						
2.1	ud. <b>Cubierta desbaste</b> Estructura metálica con Acero S275 de la zona de desbaste con cerramiento transparente, incluyendo acceso a la zona interior y parte extraíble en el techo.	1	6	5	3,50		<b>1</b>
2.2	ud. <b>Cubierta desarenador</b> Estructura metálica con Acero S275 del recinto desarenador con cerramiento transparente, incluyendo acceso a la zona interior y parte extraíble en el techo.	1	13	8,50	3,50		<b>1</b>
2.3	ud. <b>Cubierta espesador</b> Cubierta cónica del recinto espesador de 8,05 m de diámetro interior, construida en PRFV y formada por sectores desmontables, incluyendo 1 boca de acceso.	1	3,14	16,20	1		<b>1</b>
2.4	ud. <b>Cubierta digestor aerobio</b> Cubierta de las unidades de digestión aerobia con una cubierta baja plana, construida en PRFV y formada por sectores desmontables, incluyendo 1 boca de acceso.	2	35	15	1		<b>2</b>
2.5	ud. <b>Conducciones de aspiración de los recintos de desbaste, desarenador, espesador, digestor aerobio y edificio de deshidratación</b> Red de tubería para aspiración y transporte de gases desde los recintos de desbaste, desarenador, espesador, digestor aerobio y edificio de deshidratación hasta el ventilador en Polipropileno (PP), incluyendo válvulas y accesorios.	1					<b>1</b>
2.6	ud. <b>Ventilador</b> Suministro y montaje de ventilador para aspiración de gases con las siguientes características:  - Marca: EUROP-PLAST - Modelo: VCP HP 450 centrífugo - Caudal (m <sup>3</sup> /h): 16000 - Presión estática (Pa): 2157,46 - Montaje: Transmisión de poleas y correas - Potencia instalada (KW): 15 - Potencia real (KW): 11,25 - Velocidad de rodete (r.p.m.): 1800 - Revoluciones motor (r.p.m.): 1500	1					<b>1</b>

2.7	<p>ud. <b>Conducción impulsión gases a torres de lavado</b>                      Red de tubería para conducción de gases desde el ventilador hasta la primera torre de lavado, desde esta a la segunda y desde esta a la atmósfera, en polipropileno (PP) DN-600, incluyendo piezas especiales y accesorios.</p>	1					1
-----	--	---	--	--	--	--	---

Ítem	Descripción	Uds.	Longitud	Anchura	Altura	Subtotal	Total
<b>3</b>	<b>EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS</b>						
3.1	<p>ud. <b>Torres de lavado</b>                      Suministro y montaje de torres de lavado de relleno verticales con las siguientes características generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diámetro interior (m): 2</li> <li>- Altura total (m): 5,1</li> <li>- Espesor de construcción (mm): 5</li> <li>- Depósito zona inferior: 3000 L</li> <li>- Elementos de contacto utilizados: Anillos Raschig 50 mm de diámetro.</li> <li>- Boca de entrada de aire DN-600.</li> <li>- Bocas de carga-descarga del relleno DN-500.</li> <li>- Boca de salida de aire DN-1300.</li> <li>- Material Barrera química: resina de poliéster bisfenol A/ Refuerzo vidrio</li> <li>- Material Refuerzo mecánico: resina de poliéster insaturada de tipo ortoftálico en solución de estireno/ Refuerzo vidrio</li> </ul> <p>Se incluye indicador de nivel con 3 puntos de consigna y electroválvula para entrada automática de agua.</p>	2					2
3.2	<p>ud. <b>Tubería alimentación</b>                      Tuberías de red de alimentación de agua a las torres de lavado, en PVC DN-50.</p>	1					1
3.3	<p>ud. <b>Separador de gotas</b>                      Separador de gotas laminar de flujo vertical con características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: Munters Euroform</li> <li>- Tipo: DV 270 Flujo vertical</li> <li>- Velocidad de paso (m/s): 3,7</li> <li>- Área total (m<sup>2</sup>): 1,33</li> <li>- Área útil (m<sup>2</sup>): 1,2</li> <li>- Diámetro (m): 1,3</li> <li>- Altura total (m): 0,5</li> <li>- Pérdida de carga (mm H<sub>2</sub>O): 3,06</li> <li>- Material: Polipropileno (PP)</li> </ul>	2					2

3.4	<p>ud. <b>Bomba de recirculación</b>                      Suministro y montaje de bombas centrífugas horizontales para recirculación con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: INBEAT</li> <li>- Tipo: MPN Centrífuga horizontal monobloc</li> <li>- Caudal (m<sup>3</sup>/h): 35,2</li> <li>- Altura útil (m.c.a.): 18</li> <li>- Potencia motor (KW): 5,5</li> <li>- Revoluciones motor (r.p.m.): 2900</li> <li>- Tensión (VIII): 220/380</li> <li>- Parte hidráulica: Polipropileno (PP)</li> </ul>	2					2
3.5	<p>ud. <b>Tubería de recirculación</b>                      Red de tuberías para la aspiración e impulsión de las bombas de recirculación, en PVC DN-110 y DN-75 respectivamente, incluso válvulas y accesorios.</p>	2					2
3.6	<p>ud. <b>Depósito de ácido sulfúrico</b>                      Suministro y montaje de depósito de almacenamiento de ácido sulfúrico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad: 1000 L</li> <li>- Material : PEHD</li> <li>- Con detector de nivel de mínima, vaciado, rebose, carga de reactivo y salida aspiración bomba dosificadora.</li> </ul>	1					1
3.7	<p>ud. <b>Bomba dosificadora ácido sulfúrico</b>                      Suministro y montaje de bomba dosificadora de ácido sulfúrico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: DOSAPRO</li> <li>- Tipo: Membrana</li> <li>- Caudal máximo (L/h): 22</li> <li>- Presión máxima (bar): 10</li> <li>- Potencia motor (W): 60</li> <li>- Revoluciones motor (r.p.m.): 3000</li> <li>- Tensión (VIII): 220/380</li> <li>- Cuerpo dosificador: Polifluoruro de vinidileno (PVDF)</li> <li>- Membrana: Politetrafluoroetileno (PTFE)</li> </ul>	1					1
3.8	<p>ud. <b>Depósito de hipoclorito sódico</b>                      Suministro y montaje de depósito contenedor de hipoclorito sódico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad: 1300 L</li> <li>- Material : PRFV</li> <li>- Con detector de nivel de mínima, vaciado, rebose, carga de reactivo y salida aspiración bomba dosificadora.</li> </ul>	1					1



3.9	ud. <b>Bomba dosificadora hipoclorito sódico</b> Suministro y montaje de bomba dosificadora de hipoclorito sódico con las siguientes propiedades:  - Marca: DOSAPRO - Tipo: Membrana - Caudal máximo (L/h): 22 - Presión máxima (bar): 10 - Potencia motor (W): 60 - Revoluciones motor (r.p.m.): 3000 - Tensión (VIII): 220/380 - Cuerpo dosificador: Polipropileno (PP) - Membrana: Politetrafluoroetileno (PTFE)	1					1
3.10	ud. <b>Depósito de hidróxido sódico</b> Suministro y montaje de depósito contenedor de hidróxido sódico con las siguientes propiedades:  - Capacidad: 2500 L - Material : PRFV - Con detector de nivel de mínima, vaciado, rebose, agitador, carga de reactivo y salida aspiración bomba dosificadora.	1					1
3.11	ud. <b>Bomba dosificadora hidróxido sódico</b> Suministro y montaje de bomba dosificadora de hidróxido sódico con las siguientes propiedades:  - Marca: DOSAPRO - Tipo: Membrana - Caudal máximo (L/h): 22 - Presión máxima (bar): 10 - Potencia motor (W): 60 - Revoluciones motor (r.p.m.): 3000 - Tensión (VIII): 220/380 - Cuerpo dosificador: Polipropileno (PP) - Membrana: Politetrafluoroetileno (PTFE)	1					1
3.12	ud. <b>Sistema de medida de pH/mV</b> Suministro y montaje de medidor de pH marca CRISON para controlar las bombas dosificadoras compuesto de:  - Controlador de pH/mV, modelo pH 28..... - Electrodo de pH, modelo 53 33..... - Sonda de inserción, modelo In 76... - Electrodo de mV, modelo 53 53..... - Cable coaxial, 3 m, conector AS9.....	2				2	2
		1				1	1
		3				3	3
		1				1	1
		2				2	2

3.13	ud. <b>Tubería conducciones reactivos</b> Red de tuberías para la dosificación de reactivo desde depósito hasta torre de lavado, en PVC DN-25, incluso válvulas y accesorios.	3						<b>3</b>
------	--	---	--	--	--	--	--	----------

## 2. PRECIOS UNITARIOS

Estos importes incluyen, la estimación del coste del montaje eléctrico, montaje mecánico y cableado eléctrico, realizada como porcentaje del coste de cada equipo:

- Montaje mecánico, entre el 8 y 10% de cada equipo.
- Montaje eléctrico y cableado eléctrico, entre el 10 y 12% de cada equipo.

Ítem	Descripción	Precio
<b>1</b>	<b>OBRA CIVIL</b>	
1.1	m <sup>3</sup> <b>Vaciado con medios mecánicos terreno suelto</b> Excavación con medios mecánicos a cielo abierto en emplazamiento de obras de fábrica en terreno suelto, incluso carga y transporte a vertedero, acopios o lugar de empleo de los productos extraídos, medidos sobre perfiles de excavación.	<b>10,25 €</b>
1.2	m <sup>3</sup> <b>Relleno con zahorra artificial</b> Relleno realizado con zahorra artificial, según prescripciones, incluso transporte, extendido, humectación y compactación.	<b>15,00 €</b>
1.3	m <sup>3</sup> <b>Hormigón de limpieza HM-20</b> Hormigón de limpieza HM-20, no estructural en masa, de 20 MPa de resistencia característica en presoleras y limpiezas de terrenos en fondos de excavación.	<b>57,00 €</b>
1.4	m <sup>3</sup> <b>Hormigón estructural HA-30</b> Hormigón estructural HA-30, puesto en obra por medio de bomba en soleras y muros. Terminado conforme a la instrucción de Hormigón Estructural (EHE).	<b>78,00 €</b>
1.5	kg <b>Acero corrugado B-500-S</b> Acero redondo corrugado B-500-S para armaduras conforme a la instrucción de Hormigón Estructural (EHE).	<b>0,74 €</b>

Ítem	Descripción	Precio
<b>2</b>	<b>CUBIERTA Y VENTILACIÓN</b>	
2.1	ud. <b>Cubierta desbaste</b> Estructura metálica con Acero S275 de la zona de desbaste con cerramiento transparente, incluyendo acceso a la zona interior y parte extraíble en el techo.	<b>10.908,18 €</b>
2.2	ud. <b>Cubierta desarenador</b> Estructura metálica con Acero S275 del recinto desarenador con cerramiento transparente, incluyendo acceso a la zona interior y parte extraíble en el techo.	<b>50.615,08 €</b>
2.3	ud. <b>Cubierta espesador</b> Cubierta cónica del recinto espesador de 8,05 m de diámetro interior, construida en PRFV y formada por sectores desmontables, incluyendo 1 boca de acceso.	<b>8.500,00 €</b>
2.4	ud. <b>Cubierta digestor aerobio</b> Cubierta de las unidades de digestión aerobia con una cubierta baja plana, construida en PRFV y formada por sectores desmontables, incluyendo 1 boca de acceso.	<b>27.000,00 €</b>

2.5	<p>ud. <b>Conducciones de aspiración de los recintos de desbaste, desarenador, espesador, digestor aerobio y edificio de deshidratación</b></p> <p>Red de tubería para aspiración y transporte de gases desde los recintos de desbaste, desarenador, espesador, digestor aerobio y edificio de deshidratación hasta el ventilador en Polipropileno (PP), incluyendo válvulas y accesorios.</p>	9.092,00 €
2.6	<p>ud. <b>Ventilador</b></p> <p>Suministro y montaje de ventilador para aspiración de gases con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: EUROP-PLAST</li> <li>- Modelo: VCP HP 450 centrífugo</li> <li>- Caudal (m<sup>3</sup>/h): 16000</li> <li>- Presión estática (Pa): 2157,46</li> <li>- Montaje: Transmisión de poleas y correas</li> <li>- Potencia instalada (KW): 15</li> <li>- Potencia real (KW): 11,25</li> <li>- Velocidad de rodete (r.p.m.): 1800</li> <li>- Revoluciones motor (r.p.m.): 1500</li> </ul>	6.500,00 €
2.7	<p>ud. <b>Conducción impulsión gases a torres de lavado</b></p> <p>Red de tubería para conducción de gases desde el ventilador hasta la primera torre de lavado, desde esta a la segunda y desde esta a la atmósfera, en polipropileno (PP) DN-600, incluyendo piezas especiales y accesorios.</p>	3.750,00 €

Ítem	Descripción	Precio
<b>3</b>	<b>EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS</b>	
3.1	<p>ud. <b>Torres de lavado</b></p> <p>Suministro y montaje de torres de lavado de relleno verticales con las siguientes características generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diámetro interior (m): 2</li> <li>- Altura total (m): 5,1</li> <li>- Espesor de construcción (mm): 5</li> <li>- Depósito zona inferior: 3000 L</li> <li>- Elementos de contacto utilizados: Anillos Raschig 50 mm de diámetro.</li> <li>- Boca de entrada de aire DN-600.</li> <li>- Bocas de carga-descarga del relleno DN-500.</li> <li>- Boca de salida de aire DN-1300.</li> <li>- Material Barrera química: resina de poliéster bisfenol A/ Refuerzo vidrio</li> <li>- Material Refuerzo mecánico: resina de poliéster insaturada de tipo ortoftálico en solución de estireno/ Refuerzo vidrio</li> </ul> <p>Se incluye indicador de nivel con 3 puntos de consigna y electroválvula para entrada automática de agua.</p>	15.879,00 €
3.2	<p>ud. <b>Tubería alimentación</b></p> <p>Tuberías de red de alimentación de agua a las torres de lavado, en PVC DN-50.</p>	750,00 €

3.3	<p>ud. <b>Separador de gotas</b>                      Separador de gotas laminar de flujo vertical con características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: Munters Euroform</li> <li>- Tipo: DV 270 Flujo vertical</li> <li>- Velocidad de paso (m/s): 3,7</li> <li>- Área total (m<sup>2</sup>): 1,33</li> <li>- Área útil (m<sup>2</sup>): 1,2</li> <li>- Diámetro (m): 1,3</li> <li>- Altura total (m): 0,5</li> <li>- Pérdida de carga (mm H<sub>2</sub>O): 3,06</li> <li>- Material: Polipropileno (PP)</li> </ul>	<b>1.500,00 €</b>
3.4	<p>ud. <b>Bomba de recirculación</b>                      Suministro y montaje de bombas centrífugas horizontales para recirculación con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: INBEAT</li> <li>- Tipo: MPN Centrífuga horizontal monobloc</li> <li>- Caudal (m<sup>3</sup>/h): 35,2</li> <li>- Altura útil (m.c.a.): 18</li> <li>- Potencia motor (KW): 5,5</li> <li>- Revoluciones motor (r.p.m.): 2900</li> <li>- Tensión (VIII): 220/380</li> <li>- Parte hidráulica: Polipropileno (PP)</li> </ul>	<b>2.100,00 €</b>
3.5	<p>ud. <b>Tubería de recirculación</b>                      Red de tuberías para la aspiración e impulsión de las bombas de recirculación, en PVC DN-110 y DN-75 respectivamente, incluso válvulas y accesorios.</p>	<b>1.650,00 €</b>
3.6	<p>ud. <b>Depósito de ácido sulfúrico</b>                      Suministro y montaje de depósito de almacenamiento de ácido sulfúrico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad: 1000 L</li> <li>- Material : PEHD</li> <li>- Con detector de nivel de mínima, vaciado, rebose, carga de reactivo y salida aspiración bomba dosificadora.</li> </ul>	<b>3.437,70 €</b>
3.7	<p>ud. <b>Bomba dosificadora ácido sulfúrico</b>                      Suministro y montaje de bomba dosificadora de ácido sulfúrico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: DOSAPRO</li> <li>- Tipo: Membrana</li> <li>- Caudal máximo (L/h): 22</li> <li>- Presión máxima (bar): 10</li> <li>- Potencia motor (W): 60</li> <li>- Revoluciones motor (r.p.m.): 3000</li> <li>- Tensión (VIII): 220/380</li> <li>- Cuerpo dosificador: Polifluoruro de vinidileno (PVDF)</li> <li>- Membrana: Politetrafluoroetileno (PTFE)</li> </ul>	<b>1740,00 €</b>
3.8	<p>ud. <b>Depósito de hipoclorito sódico</b>                      Suministro y montaje de depósito contenedor de hipoclorito sódico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad: 2500 L</li> <li>- Material : PRFV</li> <li>- Con detector de nivel de mínima, vaciado, rebose, carga de reactivo y salida aspiración bomba dosificadora.</li> </ul>	<b>5.982,60 €</b>

3.9	<p>ud. <b>Bomba dosificadora hipoclorito sódico</b>                      Suministro y montaje de bomba dosificadora de hipoclorito sódico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: DOSAPRO</li> <li>- Tipo: Membrana</li> <li>- Caudal máximo (L/h): 22</li> <li>- Presión máxima (bar): 10</li> <li>- Potencia motor (W): 60</li> <li>- Revoluciones motor (r.p.m.): 3000</li> <li>- Tensión (VIII): 220/380</li> <li>- Cuerpo dosificador: Polipropileno (PP)</li> <li>- Membrana: Politetrafluoroetileno (PTFE)</li> </ul>	<b>1740,00 €</b>
3.10	<p>ud. <b>Depósito de hidróxido sódico</b>                      Suministro y montaje de depósito contenedor de hidróxido sódico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad: 1300 L</li> <li>- Material : PRFV</li> <li>- Con detector de nivel de mínima, vaciado, rebose, agitador, carga de reactivo y salida aspiración bomba dosificadora.</li> </ul>	<b>4794,60 €</b>
3.11	<p>ud. <b>Bomba dosificadora hidróxido sódico</b>                      Suministro y montaje de bomba dosificadora de hidróxido sódico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: DOSAPRO</li> <li>- Tipo: Membrana</li> <li>- Caudal máximo (L/h): 22</li> <li>- Presión máxima (bar): 10</li> <li>- Potencia motor (W): 60</li> <li>- Revoluciones motor (r.p.m.): 3000</li> <li>- Tensión (VIII): 220/380</li> <li>- Cuerpo dosificador: Polipropileno (PP)</li> <li>- Membrana: Politetrafluoroetileno (PTFE)</li> </ul>	<b>1740,00 €</b>
3.12	<p>ud. <b>Sistema de medida de pH/mV</b>                      Suministro y montaje de medidor de pH marca CRISON para controlar las bombas dosificadoras compuesto de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Controlador de pH/mV, modelo pH 28.....</li> <li>- Electrodo de pH, modelo 53 33.....</li> <li>- Sonda de inserción, modelo In 76.....</li> <li>- Electrodo de mV, modelo 53 53.....</li> <li>- Cable coaxial, 3 m, conector AS9.....</li> </ul>	<p><b>475,00 €</b>  <b>109,00 €</b>  <b>98,00 €</b>  <b>113,00 €</b>  <b>37,00 €</b></p>
3.13	<p>ud. <b>Tubería conducciones reactivos</b>                      Suministro y montaje red de tuberías para la dosificación de reactivo desde depósito hasta torre de lavado, en PVC DN-25, incluso válvulas y accesorios.</p>	<b>1.435,00 €</b>

### 3. PRESUPUESTOS PARCIALES

Ítem	Descripción	Medición	Precio	Importe
<b>1</b>	<b>OBRA CIVIL</b>			
1.1	<b>m<sup>3</sup> Vaciado con medios mecánicos terreno suelto</b> Excavación con medios mecánicos a cielo abierto en emplazamiento de obras de fábrica en terreno suelto, incluso carga y transporte a vertedero, acopios o lugar de empleo de los productos extraídos, medidos sobre perfiles de excavación.	22,50	10,25 €	<b>230,62 €</b>
1.2	<b>m<sup>3</sup> Relleno con zahorra artificial</b> Relleno realizado con zahorra artificial, según prescripciones, incluso transporte, extendido, humectación y compactación.	15	15,00 €	<b>225,00 €</b>
1.3	<b>m<sup>3</sup> Hormigón de limpieza HM-20</b> Hormigón de limpieza HM-20, no estructural en masa, de 20 MPa de resistencia característica en presoleras y limpiezas de terrenos en fondos de excavación.	7,50	57,00 €	<b>427,5 €</b>
1.4	<b>m<sup>3</sup> Hormigón estructural HA-30</b> Hormigón estructural HA-30, puesto en obra por medio de bomba en soleras y muros. Terminado conforme a la instrucción de Hormigón Estructural (EHE).	26,31	78,00 €	<b>2.052,18 €</b>
1.5	<b>kg Acero corrugado B-500-S</b> Acero redondo corrugado B-500-S para armaduras conforme a la instrucción de Hormigón Estructural (EHE).	1.381	0,74 €	<b>1.021,94 €</b>
<b>Total OBRA CIVIL</b>				<b>3.957,24 €</b>

Ítem	Descripción	Medición	Precio	Importe
<b>2</b>	<b>CUBIERTA Y VENTILACIÓN</b>			
2.1	<b>ud. Cubierta desbaste</b> Estructura metálica con Acero S275 de la zona de desbaste con cerramiento transparente, incluyendo acceso a la zona interior y parte extraíble en el techo.	1	10.908,18 €	<b>10.908,18 €</b>
2.2	<b>ud. Cubierta desarenador</b> Estructura metálica con Acero S275 del recinto desarenador con cerramiento transparente, incluyendo acceso a la zona interior y parte extraíble en el techo.	1	50.615,08 €	<b>50.615,08 €</b>
2.3	<b>ud. Cubierta espesador</b> Cubierta cónica del recinto espesador de 8,05 m de diámetro interior, construida en PRFV y formada por sectores desmontables, incluyendo 1 boca de acceso.	1	8.500,00 €	<b>8.500,00 €</b>
2.4	<b>ud. Cubierta digestor aerobio</b> Cubierta de las 2 unidades de digestión aerobia con una cubierta baja plana, construida en PRFV y formada por sectores desmontables, incluyendo 1 boca de acceso.	2	27.000,00 €	<b>54.000,00 €</b>

2.5	<p>ud. <b>Conducciones de aspiración de los recintos de desbaste, desarenador, espesador, digestor aerobio y edificio de deshidratación</b></p> <p>Red de tubería para aspiración y transporte de gases desde los recintos de desbaste, desarenador, espesador, digestor aerobio y edificio de deshidratación hasta el ventilador en Polipropileno (PP), incluyendo válvulas y accesorios.</p>	1	9.092,00 €	<b>9.092,00 €</b>
2.6	<p>ud. <b>Ventilador</b></p> <p>Suministro y montaje de ventilador para aspiración de gases con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: EUROP-PLAST</li> <li>- Modelo: VCP HP 450 centrífugo</li> <li>- Caudal (m<sup>3</sup>/h): 16000</li> <li>- Presión estática (Pa): 2157,46</li> <li>- Montaje: Transmisión de poleas y correas</li> <li>- Potencia instalada (KW): 15</li> <li>- Potencia real (KW): 11,25</li> <li>- Velocidad de rodete (r.p.m.): 1800</li> <li>- Revoluciones motor (r.p.m.): 1500</li> </ul>	1	6.500,00 €	<b>6.500,00 €</b>
2.7	<p>ud. <b>Conducción impulsión gases a torres de lavado</b></p> <p>Red de tubería para conducción de gases desde el ventilador hasta la primera torre de lavado, desde esta a la segunda y desde esta a la atmósfera, en polipropileno (PP) DN-600, incluyendo piezas especiales y accesorios.</p>	1	3.750,00 €	<b>3.750,00 €</b>
<b>Total CUBIERTA Y VENTILACIÓN</b>				<b>143.365,26 €</b>

Ítem	Descripción	Medición	Precio	Importe
<b>3</b>	<b>EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS</b>			
3.1	<p>ud. <b>Torres de lavado</b></p> <p>Suministro y montaje de torres de lavado de relleno verticales con las siguientes características generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diámetro interior (m): 2</li> <li>- Altura total (m): 5,1</li> <li>- Espesor de construcción (mm): 5</li> <li>- Depósito zona inferior: 3000 L</li> <li>- Elementos de contacto utilizados: Anillos Raschig 50 mm de diámetro.</li> <li>- Boca de entrada de aire DN-600.</li> <li>- Bocas de carga-descarga del relleno DN-500.</li> <li>- Boca de salida de aire DN-1300.</li> <li>- Material Barrera química: resina de poliéster bisfenol A/ Refuerzo vidrio</li> <li>- Material Refuerzo mecánico: resina de poliéster insaturada de tipo ortoftálico en solución de estireno/ Refuerzo vidrio</li> </ul> <p>Se incluye indicador de nivel con 3 puntos de consigna y electroválvula para entrada automática de agua.</p>	2	15.879,00 €	<b>31.758,00 €</b>



3.2	<p>ud. <b>Tubería alimentación</b> Tuberías de red de alimentación de agua a las torres de lavado, en PVC DN-50.</p>	1	750,00 €	<b>750,00 €</b>
3.3	<p>ud. <b>Separador de gotas</b> Separador de gotas laminar de flujo vertical con características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: Munters Euroform</li> <li>- Tipo: DV 270 Flujo vertical</li> <li>- Velocidad de paso (m/s): 3,7</li> <li>- Área total (m<sup>2</sup>): 1,33</li> <li>- Área útil (m<sup>2</sup>): 1,2</li> <li>- Diámetro (m): 1,3</li> <li>- Altura total (m): 0,5</li> <li>- Pérdida de carga (mm H<sub>2</sub>O): 3,06</li> <li>- Material: Polipropileno (PP)</li> </ul>	2	1.500,00 €	<b>3.000,00 €</b>
3.4	<p>ud. <b>Bomba de recirculación</b> Suministro y montaje de bombas centrífugas horizontales para recirculación con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: INBEAT</li> <li>- Tipo: MPN Centrífuga horizontal monobloc</li> <li>- Caudal (m<sup>3</sup>/h): 35,2</li> <li>- Altura útil (m.c.a.): 18</li> <li>- Potencia motor (KW): 5,5</li> <li>- Revoluciones motor (r.p.m.): 2900</li> <li>- Tensión (VIII): 220/380</li> <li>- Parte hidráulica: Polipropileno (PP)</li> </ul>	2	2.100,00 €	<b>4.200,00 €</b>
3.5	<p>ud. <b>Tubería de recirculación</b> Suministro y montaje de red de tuberías para la aspiración e impulsión de las bombas de recirculación, en PVC DN-110 y DN-75 respectivamente, incluso válvulas y accesorios.</p>	2	1.650,00 €	<b>3.300,00 €</b>
3.6	<p>ud. <b>Depósito de ácido sulfúrico</b> Suministro y montaje de depósito de almacenamiento de ácido sulfúrico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad: 1000 L</li> <li>- Material : PEHD</li> <li>- Con detector de nivel de mínima, vaciado, rebose, carga de reactivo y salida aspiración bomba dosificadora.</li> </ul>	1	5856,80 €	<b>5856,80 €</b>
3.7	<p>ud. <b>Bomba dosificadora ácido sulfúrico</b> Suministro y montaje de bomba dosificadora de ácido sulfúrico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: DOSAPRO</li> <li>- Tipo: Membrana</li> <li>- Caudal máximo (L/h): 22</li> <li>- Presión máxima (bar): 10</li> <li>- Potencia motor (W): 60</li> <li>- Revoluciones motor (r.p.m.): 3000</li> <li>- Tensión (VIII): 220/380</li> <li>- Cuerpo dosificador: Polifluoruro de vinidileno (PVDF)</li> <li>- Membrana: Politetrafluoroetileno (PTFE)</li> </ul>	1	1.624,00 €	<b>1.624,00 €</b>

3.8	<p>ud. <b>Depósito de hipoclorito sódico</b>                      Suministro y montaje de depósito contenedor de hipoclorito sódico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad: 2500 L</li> <li>- Material : PRFV</li> <li>- Con detector de nivel de mínima, vaciado, rebose, carga de reactivo y salida aspiración bomba dosificadora.</li> </ul>	1	5.982,60 €	<b>5.982,60 €</b>
3.9	<p>ud. <b>Bomba dosificadora hipoclorito sódico</b>                      Suministro y montaje de bomba dosificadora de hipoclorito sódico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: DOSAPRO</li> <li>- Tipo: Membrana</li> <li>- Caudal máximo (L/h): 22</li> <li>- Presión máxima (bar): 10</li> <li>- Potencia motor (W): 60</li> <li>- Revoluciones motor (r.p.m.): 3000</li> <li>- Tensión (VIII): 220/380</li> <li>- Cuerpo dosificador: Polipropileno (PP)</li> <li>- Membrana: Politetrafluoroetileno (PTFE)</li> </ul>	1	1.574,00 €	<b>1.574,00 €</b>
3.10	<p>ud. <b>Depósito de hidróxido sódico</b>                      Suministro y montaje de depósito contenedor de hidróxido sódico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad: 1300 L</li> <li>- Material : PRFV</li> <li>- Con detector de nivel de mínima, vaciado, rebose, agitador, carga de reactivo y salida aspiración bomba dosificadora.</li> </ul>	1	4.794,60 €	<b>4.794,60 €</b>
3.11	<p>ud. <b>Bomba dosificadora hidróxido sódico</b>                      Suministro y montaje de bomba dosificadora de hidróxido sódico con las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Marca: DOSAPRO</li> <li>- Tipo: Membrana</li> <li>- Caudal máximo (L/h): 22</li> <li>- Presión máxima (bar): 10</li> <li>- Potencia motor (W): 60</li> <li>- Revoluciones motor (r.p.m.): 3000</li> <li>- Tensión (VIII): 220/380</li> <li>- Cuerpo dosificador: Polipropileno (PP)</li> <li>- Membrana: Politetrafluoroetileno (PTFE)</li> </ul>	1	1.574,00 €	<b>1.574,00 €</b>
3.12	<p>ud. <b>Sistema de medida de pH/mV</b>                      Suministro y montaje de medidor de pH marca CRISON para controlar las bombas dosificadoras compuesto de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Controlador de pH/mV, modelo pH 28.....</li> <li>- Electrodo de pH, modelo 53 33.....</li> <li>- Sonda de inserción, modelo In 76.....</li> <li>- Electrodo de mV, modelo 53 53.....</li> <li>- Cable coaxial, 3 m, conector AS9.....</li> </ul>	2 1 3 1 2	475,00 € 109,00 € 98,00 € 113,00 € 37,00 €	<b>950,00 €</b> <b>109,00 €</b> <b>294,00 €</b> <b>113,00 €</b> <b>74,00 €</b>
3.13	<p>ud. <b>Tubería conducciones reactivos</b>                      Suministro y montaje de red de tuberías para la dosificación de reactivo desde depósito hasta torre de lavado, en PVC DN-25, incluso válvulas y accesorios.</p>	3	1.435,00 €	<b>4.305,00 €</b>
<b>Total EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS</b>				<b>70.259,00 €</b>

#### **4. PRESUPUESTO GENERAL**

---

##### **RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

<b>CAPÍTULO</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>IMPORTE</b>
Capítulo 1	OBRA CIVIL.....	<b>3.957,24 €</b>
Capítulo 2	CUBIERTA Y VENTILACIÓN.....	<b>143.365,26 €</b>
Capítulo 3	EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS.....	<b>70.259,00 €</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>217.581,50 €</b>

Importa el presente Presupuesto de Ejecución Material la expresada cantidad de DOSCIENTOS DIECISIETE MIL QUINIENTOS OCHENTA Y UN EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS.

##### **PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA**

<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>217.581,50 €</b>
13 % Gastos Generales	28.285,59 €
6 % Beneficio Industrial	13.054,89 €
<b>SUMA</b>	<b>258.921,98 €</b>
16 % I.V.A.	41.427,52 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO POR CONTRATA</b>	<b>263.078,70 €</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>300.349,50 €</b>

Asciende el Presupuesto General de Ejecución por Contrata a la citada cantidad de TRESCIENTOS MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS.

Puerto Real, a Mayo de 2007

El autor del Proyecto, José Antonio Leal Gallardo

