



medio ambiente y  
movilidad

MADRID

*ANTEPROYECTO DE ADECUACIÓN Y MEJORA DE LA ESTACIÓN REGENERADORA DE AGUAS RESIDUALES DE VALDEBEBAS*

---

## **MEMORIA**

---



## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
1.1. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS.....	7
1.2. OBJETO DEL PROYECTO.....	7
1.3. AMBITO GEOGRÁFICO Y TERRENOS DISPONIBLES .....	8
1.4. SITUACIÓN ACTUAL.....	10
1.4.1. Línea de agua.....	10
1.4.1.1. Desbaste .....	10
1.4.1.2. Desarenado con preaeración y separación de flotantes.....	10
1.4.1.3. Decantación primaria.....	10
1.4.1.4. Recirculación del caudal influente en tratamiento biológico.....	10
1.4.1.5. Balsa de Tratamiento Biológico .....	11
1.4.1.6. Decantación secundaria .....	11
1.4.1.7. Medidas de caudal .....	11
1.4.1.8. Obra de salida del efluente .....	11
1.4.2. Línea de fangos.....	11
1.4.2.1. Bombeos de fangos recirculados y en exceso.....	11
1.4.2.2. Bombeo de fangos primarios.....	11
1.4.2.3. Espesamiento de fangos .....	12
1.4.2.4. Digestión de fangos.....	12
1.4.2.5. Depósito de fangos digeridos .....	12
1.4.2.6. Deshidratación de fangos .....	12
1.4.2.7. Almacenamiento de fangos deshidratados.....	12
1.4.3. Otras Instalaciones.....	12
1.4.3.1. Edificios complementarios .....	12
1.4.3.2. Urbanización y redes .....	13
1.4.3.3. Electricidad, control y automatismo .....	13
<b>2. DATOS DE PARTIDA Y RESULTADOS A OBTENER .....</b>	<b>14</b>
2.1. CAUDALES DE DISEÑO .....	14
2.2. CARGAS CONTAMINANTES DE ENTRADA .....	15



2.3. RESULTADOS A OBTENER.....	15
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....</b>	<b>16</b>
3.1. SITUACIÓN ACTUAL .....	16
3.2. DISEÑO PROPUESTO.....	16
3.2.1. Introducción .....	16
3.2.2. Resumen de parámetros .....	17
3.2.3. Línea de agua .....	18
3.2.3.1. Pretratamiento .....	19
3.2.3.2. Decantación primaria .....	21
3.2.3.3. Reactor biológico .....	22
3.2.3.4. Decantación secundaria.....	26
3.2.3.5. Medida de caudal y agua de servicios.....	27
3.2.4. Línea de fangos .....	27
3.2.4.1. Tamizado de fangos .....	28
3.2.4.2. Espesamiento por gravedad.....	28
3.2.4.3. Espesamiento por flotación .....	29
3.2.4.4. Homogeneización de fangos espesados .....	29
3.2.4.5. Digestión anaerobia de fangos .....	29
3.2.4.6. Almacenamiento de los fangos digeridos.....	31
3.2.4.7. Deshidratación mecánica de fangos .....	31
3.2.5. Línea de biogás .....	32
3.2.5.1. Almacenamiento .....	32
3.2.5.2. Quemado de emergencia.....	32
3.2.5.3. Cogeneración .....	33
3.2.6. Línea de desodorización.....	36
3.3. PROCESO CONSTRUCTIVO .....	36
3.3.1. Fases de construcción.....	36
3.3.1.1. FASE I: Preparación del entorno para la ejecución de las obras.....	37
3.3.1.2. FASE II: Ejecución parcial de la línea de agua proyectada .....	37
3.3.1.3. FASE III: Primera etapa de demoliciones.....	38
3.3.1.4. FASE IV: Finalización de obras salvo 2 líneas de biológico.....	39
3.3.1.5. FASE V: demolición de la línea de fangos de la ERAR actual .....	39
3.3.1.6. FASE VI: finalización de las obras .....	40
3.3.2. Actividades principales .....	40
3.3.2.1. Derribo de las construcciones.....	40
3.3.2.2. Operaciones de demolición y retirada de tuberías con fibrocemento .....	40
3.3.2.3. Vaciado, limpieza, e inertización de los digestores existentes .....	40
3.3.2.4. Tratamientos de estanqueidad y protección de los nuevos digestores .....	40
3.3.2.5. Diseño de excavaciones y cimentaciones .....	40
<b>4. CÁLCULOS HIDRÁULICOS.....</b>	<b>41</b>
4.1. DATOS DE PARTIDA .....	41
4.2. RESULTADOS OBTENIDOS.....	42
<b>5. CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS .....</b>	<b>43</b>
5.1. ESTRATIGRAFÍA .....	43
5.2. NIVEL FREÁTICO .....	43
5.3. CAPACIDAD DEL TERRENO Y PROPUESTA DE CIMENTACIONES .....	43
5.4. AGRESIVIDAD .....	43
5.5. TALUDES DE EXCAVACIÓN Y CONTENCIONES .....	44
5.6. EXCAVABILIDAD Y APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES .....	44
5.6.1. Excavabilidad .....	44
5.6.2. Aprovechamiento de los materiales.....	44
<b>6. CÁLCULOS ESTRUCTURALES.....</b>	<b>44</b>
6.1. HIPÓTESIS DE CÁLCULO .....	44
6.1.1. Estructuras de contención y elementos enterrados .....	44
6.1.1.1. Flotación .....	44
6.1.1.2. Edificaciones .....	44
6.2. CARGAS CONSIDERADAS .....	45
6.2.1. Cargas permanentes y cargas muertas .....	45
6.2.2. Cargas vivas .....	45

6.2.3. Sismicidad .....	45	11.1.4. Valoración sobre el Estudio de Impacto Ambiental .....	61
6.2.4. Viento.....	45	11.2. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS .....	61
6.2.5. Nieve .....	45	<b>12. SEGURIDAD Y SALUD .....</b>	<b>62</b>
6.2.6. Acción Térmica.....	45	<b>13. RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....</b>	<b>63</b>
6.3. MATERIALES UTILIZADOS .....	45	<b>14. REVISIÓN DE PRECIOS .....</b>	<b>64</b>
6.3.1. Hormigón .....	45	<b>15. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA .....</b>	<b>64</b>
6.3.2. Acero estructural .....	45	<b>16. CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS PROYECTADAS .....</b>	<b>65</b>
<b>7. CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....</b>	<b>46</b>	<b>17. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA .....</b>	<b>65</b>
7.1. ACOMETIDA ELÉCTRICA EN MEDIA TENSIÓN.....	46	<b>18. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>66</b>
7.2. CENTROS DE SECCIONAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN .....	46		
7.3. CUADROS ELÉCTRICOS.....	48		
7.4. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.....	50		
7.5. DISEÑO DE LAS RESTANTES INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....	50		
<b>8. INSTRUMENTACIÓN, AUTOMATISMOS Y CONTROL .....</b>	<b>51</b>		
8.1. INSTRUMENTACIÓN.....	51		
8.2. SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN.....	53		
8.3. SISTEMA DE CONTROL AVANZADO DEL REACTOR BIOLÓGICO .....	54		
<b>9. INTERFERENCIAS CON LA PLANTA ACTUAL .....</b>	<b>55</b>		
9.1. FASE 1 .....	55		
9.2. FASE 2 .....	55		
9.3. FASE 3 .....	56		
9.4. FASE 4 .....	56		
9.5. FASE 5 .....	56		
<b>10. PLAZO DE EJECUCIÓN .....</b>	<b>57</b>		
<b>11. INFORMACIÓN MEDIOAMBIENTAL .....</b>	<b>57</b>		
11.1. ESTUDIO DEL MEDIO .....	57		
11.1.1. Consideraciones respecto al diseño.....	58		
11.1.2. Consideraciones respecto al medio .....	59		
11.1.3. Identificación y valoración de impactos. Medidas preventivas y correctoras..	60		





## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

La ERAR de Valdebebas está emplazada en la margen derecha del río Jarama a la altura del puente de Paracuellos del Jarama, situado en la carretera de Barajas a Paracuellos del Jarama.

Trata las aguas residuales procedentes de Ciudad Lineal, Hortaleza, Barajas, además de las procedentes de la zona no ampliada de Paracuellos y los drenajes de los túneles de la pista T4 del aeropuerto de Barajas.



Figura 1. Red de saneamiento ERAR Valdebebas

La depuradora formaba parte del Plan de Saneamiento Integral de Madrid (PSIM), y se diseñó con una capacidad de tratamiento de  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$  mediante un biológico de fangos activos sin capacidad de reducción de nutrientes.

La primera fase de la ERAR fue inaugurada en noviembre de 1982. Posteriormente, se ejecutaron trabajos de ampliación en una 2<sup>a</sup> fase, cuya puesta en marcha tuvo lugar en el cuarto trimestre del año 2000.

La superficie de la parcela ocupada por la depuradora es de  $37.800 \text{ m}^2$ , incluida la zona ajardinada.



Figura 2. Vista actual de la ERAR de Valdebebas

### 1.2. OBJETO DEL PROYECTO

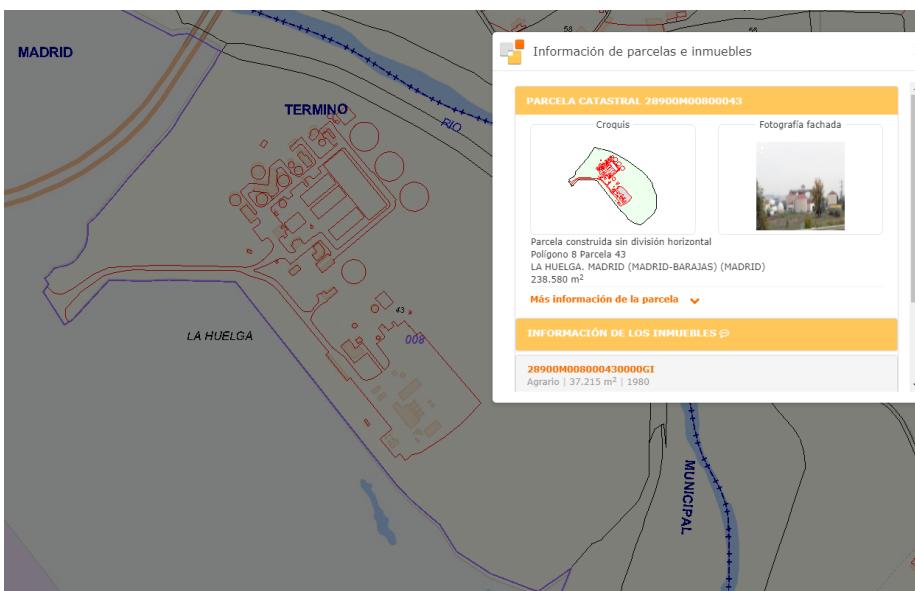
La ERAR de Valdebebas fue diseñada para cumplir los límites de vertido en zona no sensible. Actualmente toda la cuenca del Jarama es zona sensible, en especial la masa de agua ES030MSPF0420021 (río Jarama desde arroyo Valdebebas hasta río Henares) a la cual afecta esta estación depuradora, por lo que se tiene que acondicionar mediante una reforma integral para poder cumplir con la nueva situación. Este escenario es consecuencia de las medidas contempladas en el segundo ciclo del vigente Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo (2015 – 2021), aprobado por el Real Decreto 1/2016, de 8 de enero y de la Resolución del 10 de julio de 2006, de la Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad, por la que se declaran las Zonas Sensibles en las Cuencas Hidrográficas Intercomunitarias.

Dicho Plan contiene un Programa de Medidas cuyo fin principal es la consecución de los objetivos medioambientales definidos en las masas de agua, estableciendo, entre otras, las medidas complementarias y actuaciones de depuración más adecuadas a realizar durante este periodo. Todo ello para evitar incumplimientos en la Directiva 91/271/CEE, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas y la Directiva Marco del Agua.



### 1.3. AMBITO GEOGRÁFICO Y TERRENOS DISPONIBLES

La ERAR de Valdebebas se encuentra en la carretera antigua de Paracuellos de Jarama, 44, dentro del término municipal de Madrid, en la zona conocida como Finca La Huelga (polígono 8 parcela 43). Las futuras instalaciones recogidas en el Anteproyecto se ejecutarán en dicha parcela.



A continuación, se muestra una imagen aérea y otra de la parcela catastral de la ERAR de Valdebebas.



La ejecución de la citada infraestructura afecta parcialmente a una parcela propiedad de la "Comunidad Autónoma de Madrid", colindante con las actuales instalaciones de la ERAR de Valdebebas e incorporada al desarrollo urbanístico del UZPp 2.03 "Desarrollo del Este Los Ahijones".

Atendiendo a la necesidad de disponer de los suelos necesarios para llevar a cabo las obras necesarias para la ampliación de la ERAR de Valdebebas y puesto que todavía no se ha producido la aprobación definitiva del Proyecto de Reparcelación del ámbito del UZPp 2.03 "Desarrollo del Este Los Ahijones" se procedió con fecha junio de 2020 a la firma de un Acta administrativa para la trasmisión de la posesión de los terrenos mencionados entre la Comunidad de Madrid y el Ayuntamiento de Madrid.



## 1.4. SITUACIÓN ACTUAL

### 1.4.1. Línea de agua

La depuradora de Valdebebas recibe el agua residual de los distritos de Fuencarral-El Pardo, Ciudad Lineal, Hortaleza y Barajas, mediante un colector en galería visitable de dimensiones: 2,10 metros de altura, 2,00 metros de anchura, repartidos en un andén de 0,90 metros y un canal de 1,10 metros de ancho por 0,40 metros de altura.

Recibe además el agua procedente de Paracuellos del Jarama mediante dos colectores y a los drenajes de los túneles de la pista T4 del aeropuerto de Barajas. Todos estos colectores acometen directamente al pozo de gruesos.

El agua bruta llega de este modo al pozo de gruesos de 4 x 4 x 4,20metros de profundidad. En dicho pozo hay instalada una cuchara electrohidráulica anfibia y un aliviadero lateral, que evacúa el caudal aportado por los colectores que excede del máximo de entrada a la planta. El agua aliviada vierte al río Jarama a través de un canal de sección circular de 1,50 metros de diámetro, que opera además como derivación general de planta.

Después del aliviadero se dispone de una transición hasta alcanzar el total de los canales de desbaste, a la entrada de los cuales se disponen compuertas que permiten el aislamiento de cada línea.

#### 1.4.1.1. Desbaste

Consta de tres canales de 1,00 metros de ancho cada uno de ellos. Están dotados de reja de gruesos de limpieza automática de 50 mm de paso y tamiz autolimpiante de 6 mm de paso. El funcionamiento automático opera por temporización con secuencia prefijada.

La evacuación de residuos se hace mediante sendos tornillos transportadores de tipo sin fin y una prensa compactadora.

#### 1.4.1.2. Desarenado con preaereación y separación de flotantes

Consta de tres unidades de desarenado con las siguientes características principales:

- Dimensiones de los canales desarenadores 21,00 metros de longitud por 2,20 metros de ancho por 4,42 metros de profundidad máxima de agua

- El caudal de aire en preaereación se aporta con cuatro grupos motosoplantes con un caudal unitario de 400 m<sup>3</sup>/h, estando 3 equipos en reserva

- Sistema de retirada de arenas mediante barredera de fondo y bombas sumergibles en la fase 1 y mediante bomba sumergible instalada en puente del desarenador en la fase 2. En la fase 1 la mezcla de agua y arena es impulsada hasta que descarga directamente en el clasificador de arenas mientras que en la bomba del puente de la Fase 2 lo hace a un canal lateral desde donde se lleva a clasificador de arenas.

Existe una tolva de 16 m<sup>3</sup> de capacidad donde los dos desarenadores de la Fase 1 descargaban directamente. En la actualidad esta bomba se encuentra fuera de servicio

- Superficie de las cámaras desanatadoras: 154 m<sup>2</sup>
- Forma de retirada de flotantes: mediante barredera superficial con descarga por vertedero en una arqueta de recogida y evacuación.

#### 1.4.1.3. Decantación primaria

Consta de tres decantadores primarios rectangulares de 41 m de longitud, 16 m de anchura y 3,25 m de profundidad, con un resguardo de 0,50 m hasta la coronación de los muros. El agua llega a cada uno de ellos a través de compuertas de accionamiento manual que permiten dejar fuera de servicio a cada uno individualmente. Los puentes van dotados de un sistema de arrastre de fangos decantados hasta las tolvas de recogida y purga de fangos, y de un sistema de rasquetas superficiales para desplazamiento de los flotantes. Ambos sistemas de barrido van dotados de un equipo de elevación para no efectuar barrido en retroceso.

#### 1.4.1.4. Recirculación del caudal influente en tratamiento biológico

Existen dos bombas sumergibles de 350 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario y una altura manométrica de 5 mca que impulsan el agua de salida de la decantación primaria al antiguo depósito de modulación de la interconexión de la EDAR de Valdebebas con la EDAR de Rejas. El depósito tiene un diámetro de 30 m y 4 m de altura, lo que supone una capacidad de 2.817 m<sup>3</sup>. Las bombas se encuentran instaladas en una arqueta ubicada entre los decantadores primarios nº1 y nº2. El nivel de dicha arqueta se controla mediante un medidor de nivel ultrasónico.



Desde el depósito se devuelve el agua regulada a la entrada de la decantación primaria mediante dos bombas de las mismas características que las que impulsan al depósito. El depósito cuenta con dos agitadores de 2,5 kW de potencia unitaria y un medidor de nivel ultrasónico.

Existe una bomba de reserva común para ambos bombeos, acopiada en el taller de planta.

#### 1.4.1.5. *Balsa de Tratamiento Biológico*

Consta de tres unidades de 29 x 29 m<sup>2</sup> de superficie y 3,5 m de altura de agua. El volumen de aeración total es de 8.830 m<sup>3</sup>.

El sistema de aeración consta de un total de 12 turbinas VORTAIR®, cuatro por cada balsa. Las ocho turbinas de la fase 1 están montadas con un motorreductor de 37 kW de potencia instalada, mientras que las cuatro restantes de la fase dos están montadas con uno de 45 kW.

Existen 3 (tres) medidores ópticos de oxígeno disuelto, uno por balsa de aeración para la medida del O<sub>2</sub> presente en el agua de salida de las balsas.

En el vertedero de salida de los reactores se dosifica cloruro férrico para eliminar químicamente el fósforo hasta el nivel requerido para cumplir la Autorización de Vertido. La instalación consta de cuatro bombas dosificadoras (3+1R) tipo peristálticas y 2 depósitos de almacenamiento de reactivo de 20 m<sup>3</sup> de capacidad unitaria.

#### 1.4.1.6. *Decantación secundaria*

La decantación secundaria se realiza mediante tres decantadores dotados de rasquetas de succión. Los principales parámetros de funcionamiento son:

##### a) Dimensiones generales

- Diámetro interior: 35 m.
- Altura de agua en el borde: 2,20 m (decantadores 1<sup>a</sup> fase); 4,36 m. (decantador 2<sup>a</sup> fase)
- Resguardo: 0,5 m

#### 1.4.1.7. *Medidas de caudal*

La medición de caudal de agua tratada se realiza a través de un caudalímetro electromagnético situado en una conducción en el antiguo canal de cloración, de diámetro DN700, modelo Optiflux 2000 F de la marca Krohne.

#### 1.4.1.8. *Obra de salida del efluente*

Conjunto formado por canal y fuente decorativa, instalado con doble fin: ornamental y como elemento de eliminación de espumas aguas abajo.

#### 1.4.2. *Línea de fangos*

##### 1.4.2.1. *Bombeos de fangos recirculados y en exceso*

En una estación de bombeo situada contigua a los tanques de aeración se encuentran las bombas horizontales dispuestas para la impulsión de los fangos de los dos reactores biológicos correspondientes a la fase 1. En dicha estación, hay cinco bombas (4+1R) de recirculación. Para el fango en exceso se dispone de dos unidades (una en reserva).

En un pozo de bombeo situado cerca del tercer decantador secundario se ubican tres motobombas sumergibles (una en reserva) para recirculación y dos motobombas más (una en reserva) para la impulsión de los fangos en exceso de la tercera línea, fase 2.

La medida de caudal de recirculación para las tres líneas se realiza mediante tres caudalímetros electromagnéticos, modelo Promag de la marca Endress Hauser.

Los fangos biológicos en exceso de las tres líneas de tratamiento se mezclan y homogeneizan en una arqueta previa a los dos espesadores de flotación existentes

##### 1.4.2.2. *Bombeo de fangos primarios*

Los fangos primarios se purgan en los decantadores primarios por gravedad con válvulas automáticas de salida para regulación de caudal. El bombeo se realiza desde dos pozos independientes dotados cada uno de ellos con dos bombas sumergibles (una en reserva).

Los fangos de la fase 1 se envían hasta un tamiz rotativo de 3 mm de luz de paso. En el tamizado hay instaladas una cinta transportadora y una prensa motorizada para el tratamiento de los sólidos extraídos.

Los fangos de la fase 2 se envían a otro tamiz rotativo de 3 mm de luz de paso con tornillo prensador.

#### *1.4.2.3. Espesamiento de fangos*

Para el espesado de los fangos primarios existen dos espesadores de gravedad, circulares de 10 (fase 1) y 9 (fase 2) metros de diámetro respectivamente.

- Superficie total de sedimentación: 142 m<sup>2</sup>
- Volumen total útil de espesamiento: 470 m<sup>3</sup>

Los fangos activos en exceso se espesan por flotación en dos unidades de 6 y 10 m de diámetro respectivamente.

- Volumen total útil de flotación: 344 m<sup>3</sup>.

Los fangos espesados se envían hasta una arqueta de regulación y almacenaje desde donde se envían al proceso de digestión mediante bombas de tornillo helicoidal dotadas de variador de frecuencia.

Los espesadores de gravedad están cubiertos para evitar la posible propagación de olores en la zona circundante.

#### *1.4.2.4. Digestión de fangos*

El proceso de digestión se lleva a cabo mediante dos digestores, uno de ellos de 2.180 m<sup>3</sup> de volumen útil unitario, 14 m de diámetro interior, 9,8 m de altura cilíndrica y 4,30 m de altura cónica en cubierta y el otro digestor tiene 2.800 m<sup>3</sup> de volumen útil, 17 m de diámetro interior, 9,5 m de altura cilíndrica y 5,0 m de altura cónica de cubierta.

El calentamiento de fangos puede hacerse por aprovechamiento del calor de los gases de escape de los motogeneradores (descritos más adelante) y del agua de refrigeración de los mismos. Además, el calentamiento del fango se puede efectuar por intercambio con agua caliente producida en calderas.

La instalación de calderas consta de dos unidades de 275.000 kcal/hora cada una y otra de 550.000 kcal/hora.

Asimismo se dispone de dos intercambiadores de calor (uno de 550.000 kcal/hora y otro de 450.000 kcal/h), alojados en el mismo edificio de calderas.

Se dispone de almacenamiento del gas producido en la digestión tanto en baja como en alta presión.

El exceso de gas se quema en una antorcha exterior con una capacidad de 375 Nm<sup>3</sup>/h.

Desde el almacenamiento de gas se pueden alimentar los grupos motogeneradores o las calderas de calefacción, con las oportunas reducciones de presión para alcanzar las de alimentación en cada caso.

Para aprovechamiento de la energía del gas de digestión, hay instalados dos grupos motogeneradores de energía eléctrica cuyas potencias son de 340 kW y 347 kW respectivamente. Los equipos se sitúan en un edificio colindante con el de calefacción de fangos.

#### *1.4.2.5. Depósito de fangos digeridos*

Existe un depósito de fango digerido con un volumen útil de 420 m<sup>3</sup>.

#### *1.4.2.6. Deshidratación de fangos*

En el edificio donde se ubican los equipos de deshidratación, se alojan en la planta situada al nivel de la urbanización la instalación de dosificación de polielectrolito, constituida por dos equipos, y de impulsión de fangos al proceso de deshidratación (con un total de seis bombas de tornillo helicoidal, dos de ellas en reserva).

Se dispone de dos máquinas centrifugadoras de alta sequedad, quedando un filtro banda como unidad de reserva.

#### *1.4.2.7. Almacenamiento de fangos deshidratados*

El fango deshidratado es evacuado del edificio de deshidratación mediante cintas transportadoras que lo conducen hasta el almacenamiento en dos tolvas con una capacidad conjunta de 80 m<sup>3</sup>.

### **1.4.3. Otras Instalaciones**

#### *1.4.3.1. Edificios complementarios*

Además de los edificios citados anteriormente, se encuentran los siguientes:

- Edificio de explotación, con dos plantas construidas. En la planta inferior está situado el laboratorio, las salas de visitas, y un hall de entrada. En la superior, se ubican despachos, salas de



reuniones y sala de control.

- Edificio de transformación: Contiene tres transformadores. Asimismo, se encuentran en este edificio todos los mecanismos de control y conexión automáticos y/o manual de los trafos, aparellaje de medida y rectificación de reactiva.
- Edificio de agua industrial: en este edificio se encuentran ubicados varios sistemas auxiliares de la Planta, tales como:
  - Servicio de agua industrial: constituido por un grupo de presión que suministra agua tratada de la planta, a red de tipo industrial.
  - Servicio de agua de riego y complemento de agua industrial: constituido por un grupo de presión que suministra agua tratada para uso industrial, como complemento del anterior, agua para el lavado de las telas de los filtros banda y agua para el riego de los jardines de la instalación, la cual se somete a un proceso de filtrado y desinfección con capacidad para tratar 40 m<sup>3</sup>/h.
  - Equipo de filtro de anillas destinado a filtrar, previo paso al sistema de desinfección, el agua industrial destinada al riego de jardines.
  - Equipo de desinfección por lámparas ultravioleta con su correspondiente sistema de limpieza de las lámparas para desinfectar el agua destinada al riego de jardines.
- Báscula de control de pesaje.
- Edificio de servicios sociales. Este edificio contiene: Comedor. Cocina. Vestuarios. Botiquín. Servicios.

#### 1.4.3.2. Urbanización y redes

La urbanización está realizada de modo que las cotas de la misma se adecuan a las hidráulicas de cada escalón de tratamiento. Por otra parte, la planta está dotada de una completa red de viales que circundan la misma, permitiendo un cómodo acceso a cada uno de los aparatos que componen la instalación.

Bajo los viales principales de la planta se encuentra una galería de servicios, que contiene prácticamente

todas las redes de la planta. Esta galería tiene terminales en todos los edificios de la planta.

La planta está dotada además de una serie de redes que a continuación se enumeran:

- Redes de fangos secundarios y totales.
- Red de vaciados y reboses.
- Red de espumas y flotantes.
- Red de pluviales.
- Canaletas para cables.
- Red de aire: soplantes a desarenado y a los canales de distribución de agua.
- Red contra incendios.
- Red de agua potable.
- Red de agua tratada.
- Red de agua industrial.
- Red de aire a instrumentación.
- Redes telefónicas.
- Red de aire viciado.
- Se incluye también la jardinería y la red de riego.

#### 1.4.3.3. Electricidad, control y automatismo

El centro de transformación principal tiene tres unidades de 400 kVA, con los correspondientes transformadores de tensión e intensidad, seccionadores, interruptores, contadores, etc., con aparellaje para 45 kV.

También hay instalado un equipo de condensadores para la regulación del factor de potencia.

Existen dos PLCs marca SIEMENS modelo S7-1500.

Los cuadros eléctricos instalados son los siguientes: distribución en el centro de transformación y de fuerza en clarificadores, desarenadores, edificio de agua industrial, edificio de calefacción y motogeneradores, motocompresores, edificio de deshidratación de fangos y edificio de control. Los grupos motogeneradores alimentan al cuadro de distribución. El cuadro general de control está situado en la planta alta del edificio de explotación, disponiéndose en la parte superior de éste, un sinóptico. Las funciones de este cuadro de control son de control y programación de automatismos y señalización. En él están instalados la visualización y registro de las distintas variables del proceso.

Las características de las instalaciones eléctricas existentes se describen con mayor detalle en el anexo nº10.

## 2. DATOS DE PARTIDA Y RESULTADOS A OBTENER

### 2.1. CAUDALES DE DISEÑO

Los caudales de diseño para la remodelación de la planta depuradora se resumen a continuación:

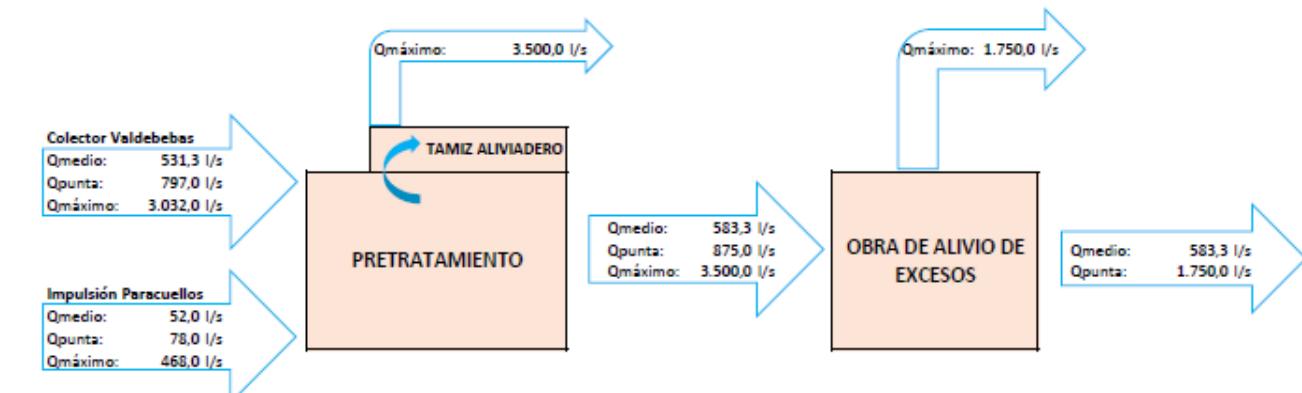
CAUDALES DE AGUA BRUTA		DISEÑO
Caudal Medio	[l/s] [m <sup>3</sup> /h] [m <sup>3</sup> /día]	583 2.100 50.400
Caudal Punta (hasta tratamiento secundario incluido)	[l/s] [m <sup>3</sup> /h] [m <sup>3</sup> /día]	875 3.150 75.600
Caudal Máximo (hasta tratamiento primario incluido)	[l/s] [m <sup>3</sup> /h] [m <sup>3</sup> /día]	3.500 12.600 302.400

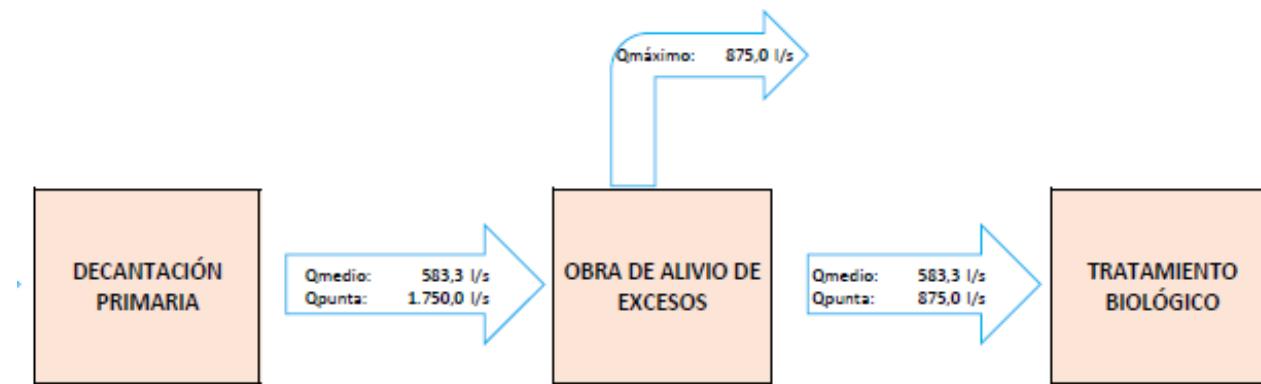
El caudal máximo de diseño equivale a seis (6) veces el caudal medio, y constituye el caudal de dimensionamiento del pretratamiento.

La decantación primaria se dimensiona para un caudal punta de tres (3) veces el caudal medio.

El tratamiento biológico se diseña para un caudal punta de una vez y media (1,5) veces el caudal medio.

El siguiente diagrama de bloques resumen los flujos de diseño de cada proceso:





## 2.2. CARGAS CONTAMINANTES DE ENTRADA

Se muestran a continuación las cargas contaminantes del agua bruta para los dos escenarios de diseño contemplados, según la temperatura del agua:

**DISEÑO INVIERNO:** temperatura del agua a 14ºC.

**DISEÑO VERANO:** temperatura del agua a 26ºC.

Las cargas contaminantes de entrada a planta, diseñada para una población de 260.398 habitantes equivalentes, se resumen a continuación:

CARGAS CONTAMINANTES DEL AGUA BRUTA		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
DBO <sub>5</sub> Afluente	[grDBO <sub>5</sub> /hab/día] [mg/l] [kg/día]	60,00 310,00 15.624	60,00 310,00 15.624
DBO <sub>5</sub> Afluente Máximo	[grDBO <sub>5</sub> /hab/día] [mg/l] [kg/día]	90,00 465,00 23.436	90,00 465,00 23.436
DQO Afluente	[grDQO/hab/día] [mg/l] [kg/día]	118,07 610,00 30.744	118,07 610,00 30.744
DQO Afluente Máximo	[grDQO/hab/día] [mg/l] [kg/día]	177,10 915,00 46.116	177,10 915,00 46.116
SST Afluente	[grSST/hab/día] [mg/l] [kg/día]	51,29 265,00 13.356	51,29 265,00 13.356
SST Afluente Máximo	[grSST/hab/día] [mg/l] [kg/día]	76,94 397,50 20.034	76,94 397,50 20.034
Nitrógeno NTK Afluente	[grNTK/hab/día] [mg/l] [kg/día]	13,55 70,00 3.528	13,55 70,00 3.528

CARGAS CONTAMINANTES DEL AGUA BRUTA	DISEÑO INV.	DISEÑO VER.	
Nitrógeno NTK Afluente Máximo	[grNTK/hab/día] [mg/l] [kg/día]	20,32 105,00 5.292	20,32 105,00 5.292
Nitrógeno N-NH <sub>4</sub> Afluente	[grN-NH <sub>4</sub> /hab/día] [mg/l] [kg/día]	7,35 38,00 1.915	7,35 38,00 1.915
Nitrógeno N-NH <sub>4</sub> Afluente Máximo	[grN-NH <sub>4</sub> /hab/día] [mg/l] [kg/día]	11,03 57,00 2.873	11,03 57,00 2.873
Nitrógeno N-NO <sub>3</sub> - Afluente	[grN-NO <sub>3</sub> /hab/día] [mg/l] [kg/día]	0,27 1,40 71	0,27 1,40 71
Nitrógeno N-NO <sub>3</sub> - Afluente Máximo	[grN-NO <sub>3</sub> /hab/día] [mg/l] [kg/día]	0,41 2,10 106	0,41 2,10 106
Fósforo P-total Afluente	[gr P/hab/día] [mg/l] [kg/día]	1,45 7,50 378	1,45 7,50 378
Fósforo P-total Afluente Máximo	[gr P/hab/día] [mg/l] [kg/día]	2,18 11,25 567	2,18 11,25 567
Aceites y grasas Afluente	[gr/hab/día] [mg/l] [kg/día]	9,68 50,00 2.520	9,68 50,00 2.520
pH agua bruta	[s.u.]	7,20	7,20

En el dimensionamiento se han tenido en cuenta tanto los caudales como las cargas contaminantes debidos a los retornos procedentes de la línea de fangos, en función de su punto de incorporación a la línea de agua: sobrenadantes de los espesamientos en cabecera del pretratamiento, y escurridos de la deshidratación en la entrada al reactor biológico.

## 2.3. RESULTADOS A OBTENER

Las concentraciones de las cargas contaminantes exigidas en el vertido son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS EXIGIDAS AL VERTIDO	DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
DBO <sub>5</sub> Salida	[mg/l]	20,00
SST Salida	[mg/l]	20,00
Nitrógeno total	[mg/l]	10,00
Fósforo P-total	[mg/l]	1,00

Y los fangos deshidratados deberán cumplir al menos con los siguientes parámetros:

CARACTERISTICAS EXIGIDAS A LOS FANGOS		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
	[%]		
Reducción de materia volátil	[%]	40	40
Sequedad del fango deshidratado	[%]	25	25

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

#### 3.1. SITUACIÓN ACTUAL

La depuradora se diseñó para tratar un caudal medio de  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , sin posibilidad de reducir nitrógeno y fósforo por vía biológica, si bien en la actualidad no trata más de  $0,36 \text{ m}^3/\text{s}$  debido principalmente a problemas en la decantación secundaria por falta de calado.

Respecto a obra civil, en líneas generales la mayor parte de los elementos de la planta se encuentran en un estado muy deficiente. Se consideran en estado crítico la obra de llegada, el canal de cloración y los digestores. En mal estado, el pretratamiento, decantación primaria, así como los clarificadores de la primera fase y la línea de espesado. Los reactores biológicos, el decantador secundario más nuevo (segunda fase) y la zona de deshidratación se encuentran en un estado aceptable.

En cuanto a equipos mecánicos, se puede concluir que la mayor parte de los equipos han sobrepasado su vida útil, más de 20 años. Los equipos más deteriorados se encuentran en la decantación primaria, en los clarificadores y en el tratamiento biológico; además de los puentes de los tres desarenadores y dos de las bombas extractoras de arena. Los equipos de la línea de fangos más dañados son los espesadores por gravedad, los espesadores por flotación y algunas bombas de la línea de fangos. La línea de gas se encuentra en buen estado.

Los equipos eléctricos también están al final de su vida útil. La incorporación de nuevos procesos y equipos con necesidades eléctricas diferentes implica que no se pueda aprovechar lo existente.

Se concluye, por tanto, que Valdebebas es una depuradora que está obsoleta, por lo que es necesario diseñar una nueva depuradora con un tratamiento biológico con eliminación de nutrientes que cumpla con todas las nuevas condiciones de vertido con garantías.

### 3.2. DISEÑO PROUESTO

#### 3.2.1. Introducción

El diseño de la nueva depuradora obedece a una planta convencional de fangos activos con tecnologías de tratamiento extensivas, tanto en la línea de agua como en la de fangos.

Se prevé la reforma integral de la planta, sin aprovechar ninguno de los elementos existentes en su acabado final, pero sí en las distintas fases de obra en las que se garantizará la calidad del vertido actual en todo momento.

Como objetivo prioritario en el diseño propuesto es la prioridad en la ejecución y puesta en marcha del reactor biológico para poder eliminar nutrientes vía biológica lo antes posible.

A continuación, se resumen los procesos que componen las diversas líneas de tratamiento.

- **Línea de agua:**

- Obra de llegada de los colectores, con tamizado en el aliviadero.
- Pozo de gruesos, ejecutado en dos unidades iguales en paralelo.
- Tres canales de predesbaste con reja automática de muy gruesos, uno de ellos en by-pass.
- Cámara de bombeo, también ejecutada en dos unidades iguales, equipada en conjunto con 6(5+1R) bombas centrífugas sumergibles.
- Cinco canales de desbaste con reja automática de gruesos y tamiz de finos, uno de ellos en by-pass.
- Cuatro canales desarenadores – desengrasadores aireados mediante difusores, con separadores de arenas (2ud) y de grasas (2ud).
- Cuatro decantadores primarios circulares con puentes de rasquetas barrederas de alcance radial.
- Instalación de almacenamiento y dosificación de glicerina como fuente de carbono externa.
- Cuatro reactores biológicos de fangos activos de media carga, con cámaras anaerobias, anóxicas y óxicas, con la posibilidad de operar en distintas configuraciones. Con bombeos de recirculación interna para la eliminación biológica de nutrientes, y con aireación mediante difusores de burbuja fina y 5(4+1R) turbosoplantes de levitación magnética.
- Instalación de almacenamiento y dosificación de cloruro férrico para el afino químico en la eliminación del fósforo.
- Cuatro decantadores secundarios circulares con puentes de rasquetas barrederas de alcance radial.



- Sistema de tratamiento para obtención de agua industrial mediante filtración y desinfección UV.

• **Línea de fangos:**

- Impulsión de los fangos primarios decantados mediante 5(4+1R) bombas centrífugas sumergibles.
- Tamizado de los fangos primarios previo al espesamiento.
- Dos espesadores de fangos primarios por gravedad.
- Recirculación externa de los fangos biológicos mediante 5(4+1R) bombas centrífugas sumergibles.
- Impulsión de los fangos secundarios en exceso mediante 5(4+1R) bombas centrífugas sumergibles.
- Dos espesadores de fangos biológicos por flotación con instalación auxiliar de floculante polielectrolito catiónico.
- Cámara de mezcla y homogeneización de los fangos espesados.
- Dos digestores anaerobios mesofílicos para estabilización del fango.
- Instalación completa de calentamiento de los fangos en digestión.
- Depósito tampón para almacenamiento de los fangos digeridos.
- Deshidratación de los fangos estabilizados mediante 2(1+1R) decantadoras centrífugas con instalación auxiliar de floculante polielectrolito catiónico.
- Almacenamiento de los fangos deshidratados en dos silos.

• **Línea de sobrenadantes y escurridos:**

- Arqueta de reunión de los sobrenadantes de la decantación primaria e impulsión a los separadores de grasas mediante 3(2+1R) bombas centrífugas sumergibles.
- Arqueta de reunión de los sobrenadantes de la decantación secundaria e impulsión a los separadores de grasas mediante 3(2+1R) bombas centrífugas sumergibles.
- Arqueta para reunión y homogeneización de los sobrenadantes provenientes de los espesamientos por gravedad y flotación, e impulsión a cabecera de planta mediante 3(2+1R) bombas centrífugas sumergibles.
- Arqueta para los escurridos provenientes de la deshidratación, e impulsión mediante 2(1+1R) bombas centrífugas sumergibles al reactor biológico.

• **Línea de biogás:**

- Dos gasómetros de membrana para almacenamiento de biogás.
- Una antorcha cerrada para el quemado del biogás en exceso.
- Almacenamiento y dosificación de cloruro férrico en digestión para reducción del contenido de ácido sulfídrico en el biogás.
- Sistema de tratamiento del biogás en la línea a cogeneración mediante deshumidificación y filtración en carbón activo para reducción de siloxanos y afino del sulfídrico.

- Dos grupos de cogeneración para consumo de biogás, con generación de energía eléctrica para autoconsumo y con aprovechamiento térmico para calentamiento del fango en digestión.

### 3.2.2. Resumen de parámetros

La siguiente tabla resume los principales parámetros de operación de la planta propuesta, que se describirá en los siguientes apartados:

LÍNEA	ETAPA	PROCESO	PARÁMETRO	DISEÑO
AGUA	Pretratamiento	Pozo de gruesos	Número de líneas (ud)	2
			Volumen total (m <sup>3</sup> )	211,75
			Superficie total (m <sup>2</sup> )	45,50
		Canales de predespaste	Número de líneas ejecutadas (ud)	3
			Número de líneas en by-pass (ud)	1
			Rejas de gruesos (mm)	50
			Compactación de residuos (%)	33
		Cámaras de bombeo	Número de líneas (ud)	2
			Volumen total (m <sup>3</sup> )	391,22
			Número de bombas (ud)	6
			Tipo de bomba	Centrífuga
			Tipo de instalación	Sumergible
		Canales de desbaste	Caudal unitario (l/s)	705
			Altura manométrica (mca)	5,64
			Número de líneas ejecutadas (ud)	5
			Número de líneas en by-pass (ud)	1
			Rejas de gruesos (mm)	25
		Desarenado - desengrasado	Tamizado de finos (mm)	3
			Compactación de residuos (%)	65
			Sistema con Desarenado y desengrasado	SI
			Número de líneas (ud)	4
			Volumen total (m <sup>3</sup> )	558,53
			Superficie total (m <sup>2</sup> )	181,60
			Aireación total (Nm <sup>3</sup> /h)	3.000
	Tratamiento primario	Decantación primaria	Separación de arenas (mm)	0,20
			Tipo de decantación	Barredora
			Número de líneas (ud)	4
			Diámetro (m)	26,00
			Lámina de agua (m)	3,00
			Superficie total de decantación (m <sup>2</sup> )	2.124
			Volumen total de decantación (m <sup>3</sup> )	6.371
			Reducción DBO <sub>5</sub> , DQO (%)	35%



LÍNEA	ETAPA	PROCESO	PARÁMETRO	DISEÑO	
FANGO	Tratamiento secundario	Reactor biológico	Reducción SST (%)	60%	
			Reducción NTK (%)	10%	
			Reducción P (%)	15%	
			Concentración fango purgado (kg/m <sup>3</sup> )	15	
			Eliminación del nitrógeno	Biológica	
			Eliminación del fósforo	Biológica y química	
			Número de líneas (ud)	4	
			Volumen total (m <sup>3</sup> )	52.580	
			Porcentaje de zona anóxica (%)	50%	
			Lámina de agua (m)	6,50	
			Concentración de MLSS en reactor (kg/m <sup>3</sup> )	3,00	
			Recirculación externa (%)	100%	
			Recirculación interna de nitratos (%)	600%	
			Edad del fango en invierno (días)	12,96	
			Edad del fango en verano (días)	16,69	
		Decantación secundaria	Necesidades medias de aireación invierno (Nm <sup>3</sup> /h)	18.007	
			Necesidades medias de aireación verano (Nm <sup>3</sup> /h)	19.149	
			Necesidades punta de aireación invierno (Nm <sup>3</sup> /h)	24.304	
			Necesidades punta de aireación verano (Nm <sup>3</sup> /h)	26.811	
			Aporte externo de DBO <sub>5</sub> en invierno (kg/día)	4.500	
			Aporte externo de DBO <sub>5</sub> en verano (kg/día)	3.100	
			Reactivos químicos de emergencia	Cloruro férrico	
	Efluente	Concentraciones promedio de salida	Tipo de decantación	Barredora	
			Número de líneas (ud)	4	
			Diámetro (m)	34,50	
			Lámina de agua (m)	4,00	
			Superficie total de decantación (m <sup>2</sup> )	3.739	
	Espesamiento	Espesamiento de fangos primarios	Volumen total de decantación (m <sup>3</sup> )	14.957	
			Concentración fango purgado (kg/m <sup>3</sup> )	6,00	
	Espesamiento		DBO <sub>5</sub> (mg/l)	10,65	
			SST (mg/l)	20,00	
			Nt (mg/l)	9,97	
			Pt (mg/l)	1,00	
			Tipo de espesamiento	Gravedad	
	Espesamiento de fangos secundarios	Número de líneas (ud)	2		
		Diámetro del espesador (m)	9,00		
		Fangos diarios espesados invierno (kgSST/día)	8.626		
		Fangos diarios espesados verano (kgSST/día)	8.544		
		Fracción media de volátiles (%)	75%		
		Concentración fango espesado (kg/m <sup>3</sup> )	55		
		Tipo de espesamiento	Flotación		
		Número de líneas (ud)	2		
		Diámetro del espesador (m)	9,50		
		Reactivos químicos de emergencia	Polielectrolito		
		Fangos diarios espesados invierno (kgSST/día)	11.881		
		Fangos diarios espesados verano (kgSST/día)	9.231		

LÍNEA	ETAPA	PROCESO	PARÁMETRO	DISEÑO
ESTABILIZACIÓN	Digestión de fangos	Estabilización	Fracción media de volátiles (%)	67,16%
			Concentración fango espesado (kg/m <sup>3</sup> )	40
			Tipo de digestión	Anaerobia
			Fangos diarios a digestión invierno (kgSST/día)	20.507
			Fangos diarios a digestión verano (kgSST/día)	17.775
			Fracción media de volátiles (%)	70,73%
			Número de líneas (ud)	2
			Volumen total (m <sup>3</sup> )	9.545
			Tiempo de retención en invierno (días)	21,03
			Tiempo de retención en verano (días)	24,72
		Depósito tándem	Rendimiento de reducción de SSV (%)	45
			Producción de biogás invierno (Nm <sup>3</sup> /día)	5.920
	Deshidratación de fangos	Deshidratación de fangos	Producción de biogás verano (Nm <sup>3</sup> /día)	5.053
			Número de líneas (ud)	1
			Volumen total (m <sup>3</sup> )	1.260
			Fangos diarios a deshidratar en invierno (kgSST/día)	13.929
			Fangos diarios a deshidratar en verano (kgSST/día)	12.161
			Tipo de deshidratación	Mecánica
			Tipo de deshidratador	Decantadora
			Número de líneas (ud)	1+1
			Reactivos químicos de emergencia	Polielectrolito
			Consumo de polielectrolito en invierno (kg/día)	139,29
BIOGÁS	Almacenamiento y cogeneración	Almacenamiento de biogás	Consumo de polielectrolito en verano (kg/día)	121,61
			Producción diaria de fangos secos invierno (m <sup>3</sup> /día)	55,72
			Producción diaria de fangos secos verano (m <sup>3</sup> /día)	48,64
			Concentración fango deshidratado (kg/m <sup>3</sup> )	250
			Número de líneas (ud)	2
		Almacenamiento y cogeneración	Volumen total (m <sup>3</sup> )	250
			Tipo de gasómetro	Membrana
			Número de gasómetros (ud)	2
			Capacidad total de almacenamiento (Nm <sup>3</sup> )	3.440
			Número de antorchas (ud)	1
		Cogeneración	Capacidad de la antorcha (Nm <sup>3</sup> /h)	500
			Número de grupos de cogeneración (ud)	2
			Potencia eléctrica de cada grupo (kWe)	330
			Producción de electricidad en invierno (kWe/día)	13.771
			Producción de electricidad en verano (kWe/día)	11.753
			Potencia térmica de cada grupo (kWt)	363
			Calentamiento de fangos con potencia térmica (%)	100%

### 3.2.3. Línea de agua

La ampliación y remodelación de la planta se ha proyectado teniendo en cuenta las instalaciones existentes y la necesidad de mantener estas instalaciones en funcionamiento durante la ejecución de la



ampliación, sin interrumpir el proceso de depuración y garantizando como mínimo los mismos parámetros de vertido que en la actualidad, los cuales vienen fijados por la autorización de vertido vigente.

### 3.2.3.1. Pretratamiento

La obra de llegada se diseña para la reunión de los colectores que llegan actualmente a la depuradora, previo desvío de los mismos. En la arqueta de llegada se dispone un tamiz de aliviadero con luz 6 mm y capacidad de tratamiento del caudal máximo de pretratamiento.

El primer elemento del pretratamiento consiste en el pozo de gruesos, ejecutado en dos cámaras idénticas con posibilidad de interconexión entre ellos.

Los pozos de gruesos se han diseñado teniendo en cuenta el caudal máximo de entrada al pretratamiento y de forma que en el mismo queden retenidos únicamente sólidos muy gruesos. El fondo del pozo de gruesos tendrá forma troncopiramidal truncada con el fin de concentrar los sólidos retenidos en una zona específica de donde poder extraerlos de una forma eficaz. El pozo diseñado está protegido contra golpes en el fondo y paredes mediante carreles empotrados en el hormigón.

La extracción de los sólidos retenidos de ambos pozos de gruesos, se efectuará mediante una nueva cuchara bivalva de capacidad 500 litros. Esta cuchara irá sujetada a un pequeño puente grúa específico para esta función, que permitirá la fácil evacuación de los residuos hasta el contenedor dispuesto a tal efecto.

La zona de almacenamiento del contenedor se dotará de una red de drenaje adecuada que permita recoger las aguas de limpieza. Las aguas de escurridos serán conducidas directamente a los pozos de gruesos.

Seguidamente el agua pasa a un desbaste de muy gruesos formado por tres (2+1R) canales de ancho 0,80 m, equipados cada uno de ellos con una (1) reja automática de 50 mm de luz de paso, para protección de las bombas de agua bruta. Cada uno de los canales dispondrá de compuertas motorizadas a la entrada y salida, con el fin de poder aislar las líneas y facilitar así su operación y mantenimiento.

La retirada de cada tipo de residuos separados se efectuará mediante tornillo transportador-compactador de capacidad 3,20 m<sup>3</sup>/h, descargando en contenedor de 5 m<sup>3</sup> de volumen de almacenamiento.

Se ha previsto la desodorización de estos canales de predesbaste, así como los canales de reparto y salida

de los mismos, para lo cual estarán tapados mediante cubiertas ciegas de material plástico, fácilmente desmontables para las tareas de mantenimiento.

El bombeo de agua bruta se ejecutará así mismo en sendas cámaras de dimensiones idénticas, también con posibilidad de interconexión mediante compuerta. Cada cámara estará equipada con 3 bombas centrifugas sumergibles, de manera que basta operar solamente con dos (2) de ellas para suministrar el caudal punta de diseño. Únicamente a caudal máximo será necesario trabajar con las dos cámaras de bombeo, y con cinco (5) bombas en funcionamiento simultáneo. Las bombas seleccionadas disponen de un rodete especial inatacable y autolimpiante, diseñado especialmente para el bombeo de aguas brutas.

Todas las bombas estarán reguladas mediante variadores de frecuencia, y el conducto de impulsión de cada bomba dispondrá de un caudalímetro electromagnético.

El siguiente proceso consiste en los canales de desbaste, cuyo objetivo es lograr un desbaste de sólidos gruesos y tamizado de las aguas bombeadas, evitando el paso de sólidos mayores de tres milímetros; y por tanto, los riesgos de atascamiento en el resto de los procesos, así como una retirada de residuos clasificada.

El desbaste estará formado por cinco canales de desbaste de ancho 1,20 m, equipados cada uno de ellos con una (1) reja automática de 25 mm de luz de paso y un (1) tamiz de escalera con 3 mm de luz de malla. Cada uno de los canales dispondrá de compuertas motorizadas a la entrada y salida, con el fin de poder aislar las líneas y facilitar así su operación y mantenimiento.

La retirada de cada tipo de residuos separados se efectuará mediante tornillo transportador y prensa de capacidad 6 m<sup>3</sup>/h, descargando en contenedor de 5 m<sup>3</sup> de volumen de almacenamiento.

Se ha previsto la desodorización de los canales de desbaste, así como los canales de reparto y salida de los mismos, para lo cual estarán tapados mediante cubiertas ciegas de material plástico, fácilmente desmontables para las tareas de mantenimiento.

Una vez eliminados los sólidos flotantes que lleva el agua, para poder efectuar un pretratamiento completo quedan por eliminar partículas de menor tamaño, fundamentalmente arenas y grasas que pueden incidir negativamente en posteriores operaciones. Así se evita la formación de flóculos con los fangos activados, además de eliminar la acción abrasiva de la arena. Para la eliminación de estas materias se opta por desarenadores - desengrasadores aireados.



Se ejecutarán cuatro canales de 23,50 m de longitud, 2,50 m de anchura de desarenado y 1,50 m de anchura de desengrasado y una altura total útil de 4,0 m. La lámina de agua estará regulada por medio de un vertedero de salida de longitud unitaria 4,00 m. Con estas dimensiones adoptadas, quedan unas relaciones longitud:anchura y anchura:profundidad ajustadas a los ratios óptimos recomendados para garantizar la mejor eficiencia de estos procesos de separación.

La alimentación de agua se realizará por la parte frontal, siendo aislables mediante sus correspondientes compuertas motorizadas de estanqueidad a cuatro lados.

Los parámetros de operación previstos en los escenarios de invierno y verano son los siguientes:

PRETRATAMIENTO. DESARENADO - DESENGRASADO		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
<b>C. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO</b>			
<b>C.1. Velocidad ascensional</b>			
Velocidad ascensional a Q medio	[m/h]	12,05	11,96
Velocidad ascensional a Q punta	[m/h]	17,83	17,74
Velocidad ascensional a Q máximo	[m/h]	34,93	34,89
<b>C.2. Velocidad horizontal</b>			
Velocidad horizontal a Q medio	[m/s]	0,025	0,025
Velocidad horizontal a Q punta	[m/s]	0,037	0,036
Velocidad horizontal a Q máximo	[m/s]	0,072	0,072
<b>C.3. Tiempo de retención</b>			
Tiempo de retención a Q medio	[min]	15,32	15,43
Tiempo de retención a Q punta	[min]	10,35	10,40
Tiempo de retención a Q máximo	[min]	5,28	5,29

Con la forma tronco piramidal que se ha adoptado, se concentrarán en el fondo del tronco de pirámide las arenas, mientras que en la superficie se concentrarán las grasas. Ambas unidades de desarenado garantizarán la eliminación de partículas de tamaño igual o superior a 0,20 mm con un rendimiento superior al 85% para el caudal máximo, y del 100% a caudal medio.

Se ha proyectado una inyección de aire en el canal de desarenado mediante soplantes, que aseguran un flujo giratorio y la flotación de las grasas, y que persigue romper la emulsión de las grasas en el agua y la separación de los flotantes además de ayudar a la decantación de las arenas. Se colocan los sistemas de difusión de aire mediante difusor de membrana de burbuja gruesa de tal forma que provocan un flujo rotacional ascendente, depositando las arenas en el fondo del cono y los flotantes en la superficie al otro lado de la chapa deflectora. Por tanto, se instalarán cinco (5) soplantes (4+1R) de émbolos rotativos. Cada

soplante tiene una capacidad de 750 Nm<sup>3</sup>/h, mientras que se instalarán 73 difusores de burbuja gruesa en el interior de cada desarenador.

Las soplantes estarán controladas mediante variadores de frecuencia, para poder regular el aire en función del caudal de tratamiento, optimizándose de esta manera el consumo energético del proceso.

Un puente móvil que recorrerá longitudinalmente el canal de desarenado teniendo una doble misión; en un sentido de avance se acciona el bombeo de arenas que se han depositado en el canal de fondo, y en el sentido contrario de avance empuja las grasas (con la oportuna rasqueta de flotantes) hacia un canal transversal.

En superficie se situarán los elementos de extracción de arenas, que consisten en una bomba centrífuga de eje vertical por desarenador, de rodete desplazado. El montaje es vertical sumergido. El caudal unitario adoptado para la bomba es 70 m<sup>3</sup>/h y 2,50 m.c.a. de altura manométrica.

La extracción de arenas se enviará a un canal al final del cual el agua con las arenas se conduce hasta el separador de arenas. Se instalarán dos (2) separadores de arenas de capacidad hidráulica máxima 100 m<sup>3</sup>/h. Las arenas separadas se depositarán en un contenedor de capacidad 5.000 litros.

Los flotantes y las grasas se recogerán en un canal situado al final del tanque en sentido transversal siendo empujadas las grasas hacia el mismo por el carro. Los flotantes producidos serán enviados a dos concentradores del tipo cadenas y rasquetas, con una capacidad hidráulica unitaria máxima de 50 m<sup>3</sup>/h. En estos separadores se proyecta tratar también los flotantes obtenidos tanto en la decantación primaria como secundaria.

Las grasas separadas se depositan en contenedores instalados junto a estos equipos, homologados de capacidad 1.000 litros.

Los canales desarenadores – desengrasadores se desodorizarán mediante la instalación de cubiertas rectangulares, que estarán conectadas al sistema de desodorización.

A la salida del desarenado - desengrasado se ha previsto el desvío del exceso de caudal con respecto al caudal máximo admisible en decantación primaria (3Qm) mediante un medidor de caudal electromagnético en línea y una compuerta mural motorizada. Se ha previsto un vertedero que aliviará los caudales pretratados que excedan del caudal indicado previo al medidor de caudal. Este alivio se conectaría con el by-pass de salida de pretratamiento.



## 3.2.3.2. Decantación primaria

El agua pretratada llega al centro de una arqueta de reparto mediante conducción de diámetro 1200 mm. En dicha arqueta se dispondrán cuatro (4) vertederos de reparto de 1,50 m de ancho cada uno, que alimentarán respectivamente a cada uno de los nuevos decantadores primarios. Se han instalado compuertas motorizadas para aislamiento de los mismos.

Se ha previsto ejecutar cuatro (4) decantadores circulares de rasquetas, de 26 metros de diámetro interior y 3,00 m de altura útil cilíndrica, con puentes de alcance radial.

El agua bruta se introduce por la parte inferior del decantador, mediante tubería de DN 700, saliendo por unas aberturas practicadas en la columna central, para obligar al agua a seguir un movimiento descendente, que facilite la decantación. A esta columna central se la rodea de un cilindro metálico.

Con las dimensiones adoptadas, las condiciones de funcionamiento de los decantadores son las siguientes:

DECANTACIÓN PRIMARIA		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
Caudal Medio diario	[l/s]	608	603
Caudal Punta diario	[l/s]	899	895
Caudal Máximo horario	[l/s]	1.750	1.750
<b>Condiciones de funcionamiento</b>			
Velocidad ascensional a caudal máximo	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h]	2,97	2,97
Velocidad ascensional a caudal punta	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h]	1,52	1,52
Velocidad ascensional a caudal medio	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h]	1,03	1,02
Tiempo de retención a caudal máximo	[h]	1,01	1,01
Tiempo de retención a caudal punta	[h]	1,97	1,98
Tiempo de retención a caudal medio	[h]	2,91	2,93
Carga sobre vertedero a caudal máximo	[m <sup>3</sup> /h/m]	19,28	19,28
Carga sobre vertedero a caudal medio	[m <sup>3</sup> /h/m]	6,70	6,65

Y los rendimientos esperados en la reducción de las cargas contaminantes bajo las anteriores condiciones de funcionamiento se resumen en la siguiente tabla:

RENDIMIENTOS DE ELIMINACIÓN		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
<b>Reducción de cargas contaminantes</b>			
Rendimiento de eliminación de DBO <sub>5</sub>	[%]	35%	35%
Rendimiento de eliminación de DQO	[%]	35%	35%
Rendimiento de eliminación de SST	[%]	60%	60%
Rendimiento de eliminación de NTK	[%]	10%	10%
Rendimiento de eliminación de N-NH <sub>4</sub>	[%]	0%	0%

RENDIMIENTOS DE ELIMINACIÓN		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
Rendimiento de eliminación de N-NO <sub>3</sub>	[%]	0%	0%
Rendimiento de eliminación de P	[%]	15%	15%
<b>Concentraciones de salida</b>			
DBO <sub>5</sub>	[mg/l]	200	200
DQO	[mg/l]	393	394
SST	[mg/l]	110	109
NTK	[mg/l]	61	61
NH <sub>4</sub>	[mg/l]	37	37
NO <sub>3</sub>	[mg/l]	1,38	1,38
P	[mg/l]	6,70	6,62

Las partículas sedimentadas (los fangos) depositadas en el fondo del decantador son barridas continuamente por unas rasquetas solidarias a un puente giratorio, que hacen que el fango se acumule en un foso de concentración del que se extraen por tubería de DN 100 de fundición. A través de esta tubería se realizará también el vaciado, disponiendo por tanto de conducciones independientes, una por decantador.

El tipo de decantador proyectado llevará incorporado un sistema de eliminación de espumas flotantes y grasas, que en esencia se compondrá de un sistema de barredores superficiales que arrastran estas materias hacia una caja de espumas fija en la periferia del decantador. La mezcla de agua y flotantes se conduce, por una tubería de DN 100 mm hacia una arqueta de bombeo de donde se impulsan a los separadores de grasas instalado en el pretratamiento. Se disponen tres bombas sumergibles de 22,41 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario, una de ellas en reserva, para los flotantes generados en los cuatro decantadores.

El agua saldrá por medio de vertedero a un canal perimetral exterior, y se dirigirá hacia el canal de reparto a tratamiento biológico.

Los fangos producidos en los decantadores primarios, a una concentración de 15 g/l, se purgan hacia las instalaciones de bombeo mediante tubería de fundición de diámetro 100 mm. Para su impulsión se instalarán cinco (4+1R) bombas centrífugas sumergibles de 21,80 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario, a una altura manométrica de 6,97 mca. Estos fangos se enviarán al proceso de espesamiento por gravedad, previo paso por un tamizado que se describirá más adelante.

Las bombas de impulsión de fangos primarios, las de flotantes y sus instalaciones accesorias están situadas en una arqueta proyectada a tal efecto. Se dispondrá de un polipasto para facilitar el mantenimiento y explotación de las mismas.



Los decantadores primarios se cubrirán para posibilitar su desodorización mediante estructuras ligeras autoportantes fabricadas en aluminio, resistentes a la radiación UV del sol. Apoyarán sobre un muro perimetral de aluminio, de altura 2,5 m y separado 1 m del decantador en todo su perímetro, dotado de una puerta de acceso al interior.



### 3.2.3.3. Reactor biológico

A la salida de la decantación primaria se ha previsto el desvío del exceso de caudal con respecto al caudal punta admisible en el reactor biológico mediante un medidor de caudal electromagnético en línea y una compuerta mural motorizada. Se ha previsto un vertedero que aliviará los caudales decantados, que se conectarán con el by-pass general de planta.

El agua procedente de los decantadores primarios no aliviada es conducida al canal común de reparto a los nuevos reactores biológicos desde donde se realiza el reparto uniforme del caudal a los mismos mediante vertedero, con aislamiento de cada uno de ellos con compuerta mural motorizada.

El tratamiento biológico se realiza mediante el proceso de fangos activos en cuatro líneas independientes, con eliminación biológica de nutrientes. La temperatura mínima de diseño es de 14°C en invierno y 26°C en verano. En el diseño del tratamiento biológico se ha tenido en cuenta el caudal y cargas contaminantes de los escurridos de la deshidratación de fangos, que se incorporan a la entrada del biológico, especialmente por su aportación de nitrógeno amoniacal.

La geometría del reactor es de tipo flujo pistón, y se encuentra dividido en las siguientes zonas compartimentadas: anaerobia, anóxica y óxica. Sus dimensiones unitarias son las siguientes:

ZONA ANAEROBIA		
Número de cámaras por reactor	[ud]	2
Forma	[ - ]	Rectangular
Altura de aguas útil	[m]	6,50
Resguardo libre	[m]	0,50
Longitud útil	[m]	7,00
Anchura útil	[m]	10,20
Volumen útil por reactor	[m³]	928
Volumen útil total	[m³]	3.713
Sistema de agitación	[ - ]	Agitador sumergible
Número de unidades instaladas por cámara	[Ud]	1
Potencia instalada por agitador	[kW]	3,00
Ratio de agitación por cámara	[W/m³]	6,46
ZONA ANÓXICA		
Cámara anóxica nº1		
Número de cámaras por reactor	[ud]	1
Forma	[ - ]	Rectangular
Altura de aguas útil	[m]	6,50
Resguardo libre	[m]	0,50
Longitud útil	[m]	22,40
Anchura útil	[m]	21,00
Volumen útil por reactor	[m³]	3.058
Volumen útil total	[m³]	12.230
Sistema de agitación	[ - ]	Agitador sumergible
Número de unidades instaladas por cámara	[Ud]	2
Potencia instalada por agitador	[kW]	5,00
Ratio de agitación por cámara	[W/m³]	3,27
Cámara anóxica nº2		
Número de cámaras por reactor	[ud]	1
Forma	[ - ]	Rectangular
Altura de aguas útil	[m]	6,50
Resguardo libre	[m]	0,50
Longitud útil	[m]	22,40
Anchura útil	[m]	21,00
Volumen útil	[m³]	3.058



Volumen útil por reactor	[m <sup>3</sup> ]	12.230	
Sistema de agitación	[ - ]	Agitador sumergible	
Número de unidades instaladas por cámara	[Ud]	2	
Potencia instalada por agitador	[kW]	5,00	
Ratio de agitación por cámara	[W/m <sup>3</sup> ]	3,27	
<b>ZONA ÓXICA</b>			
<b>Dimensiones de la cámara óxica nº1</b>			
Número de cámaras por reactor	[ud]	1	
Forma	[ - ]	Rectangular	
Altura de aguas útil	[m]	6,50	
Resguardo libre	[m]	0,50	
Longitud útil	[m]	14,90	
Anchura útil	[m]	21,00	
Volumen útil por reactor	[m <sup>3</sup> ]	2.034	
Volumen útil total	[m <sup>3</sup> ]	8.135	
<b>Dimensiones de la cámara óxica nº2</b>			
Número de cámaras por reactor	[ud]	1	
Forma	[ - ]	Rectangular	
Altura de aguas útil	[m]	6,50	
Resguardo libre	[m]	0,50	
Longitud útil	[m]	14,90	
Anchura útil	[m]	21,00	
Volumen útil por reactor	[m <sup>3</sup> ]	2.034	
Volumen útil total	[m <sup>3</sup> ]	8.135	
<b>Dimensiones de la cámara óxica nº3 (anóxica-óxica en Bardenpho 5 etapas)</b>			
Número de cámaras por reactor	[ud]	1	
Forma	[ - ]	Rectangular	
Altura de aguas útil	[m]	6,50	
Resguardo libre	[m]	0,50	
Longitud útil	[m]	14,90	
Anchura útil	[m]	21,00	
Volumen útil por reactor	[m <sup>3</sup> ]	2.034	
Volumen útil total	[m <sup>3</sup> ]	8.135	
<b>Complemento agitación cámara anóxica nº3 (configuración Bardenpho)</b>			
Sistema de agitación	[ - ]	Agitador sumergible	
Número de unidades instaladas por cámara	[Ud]	1	
Potencia instalada por agitador	[kW]	5,00	
Ratio de agitación por cámara	[W/m <sup>3</sup> ]	4,92	

La instalación de varios bombeos de recirculación, con diversos destinos seleccionables, así como la regulación de las parrillas de aireación posibilita al reactor trabajar en tres configuraciones distintas: **UCT**, **A20** y **BARDENPHO 5 ETAPAS**.

La **zona anaerobia** se encuentra compartimentada en sendas cámaras idénticas, dotadas de agitadores de

mezcla que mantienen en suspensión el licor mezcla a la vez que aseguran un íntimo contacto entre el influente y la biomasa de recirculación externa procedente de la decantación secundaria. Bajo estas condiciones existe un único mecanismo de supervivencia que permite solamente a ciertos microorganismos utilizar la energía contenida en los polifosfatos previamente almacenados, para transportar y almacenar DBO y asegurar de este modo su proliferación. En definitiva, la zona anaerobia es un selector biológico para microorganismos capaces de almacenar fósforo permitiéndose dominar el cultivo de fangos monopolizando el alimento suministrado.

El licor mezcla pasa a la **zona anóxica**, igualmente compartimentada en dos cámaras y dotada de agitadores de mezcla, donde se incorpora la recirculación interna necesaria para realizar el proceso de desnitrificación de los nitratos generados previamente en la zona óxica, se caracteriza por la ausencia de aporte de oxígeno externo y sólo dispondrá del aportado por los nitratos. En esta zona, los microorganismos desnitrificantes utilizan el oxígeno suministrado en forma de NO<sub>2</sub> y NO<sub>3</sub>, procedente de la recirculación interna de parte del licor mezcla de la zona óxica.

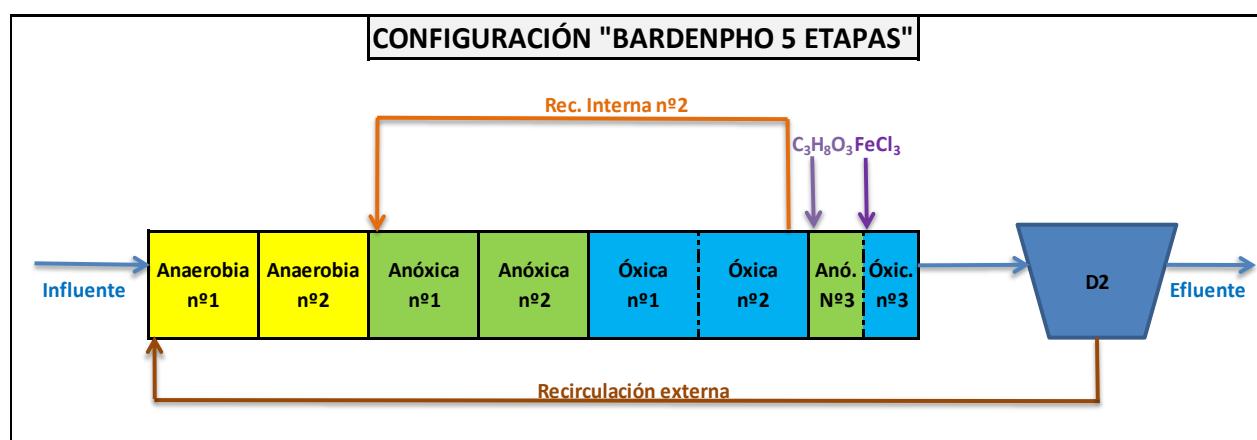
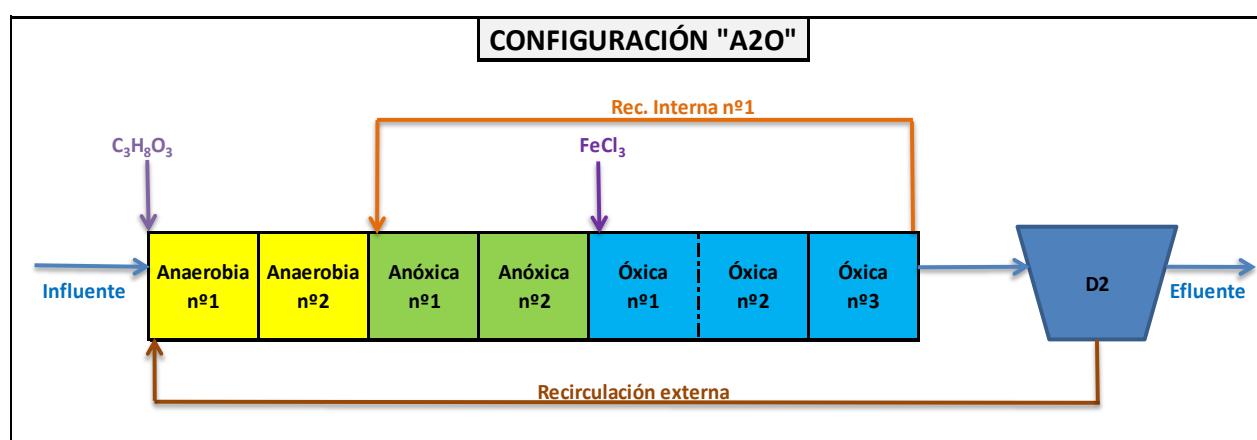
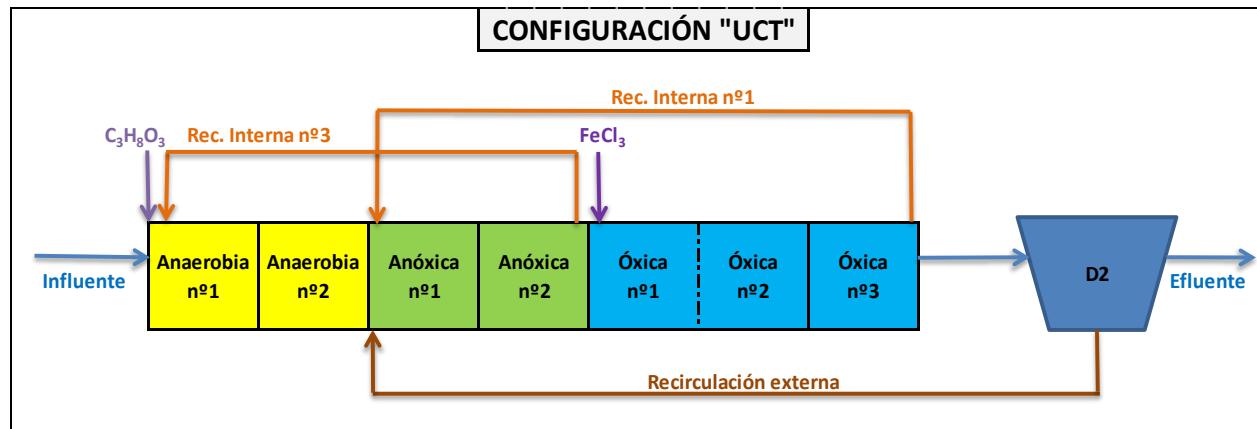
En la **zona óxica**, estructurada en tres cámaras consecutivas y de igual tamaño, en la que se dispone de un sistema de aireación para aporte de oxígeno, se completa la eliminación de la materia carbonosa y se produce la nitrificación del nitrógeno amoniacal. Desde la zona final de esta zona óxica se bombea la recirculación interna de nitratos hasta la primera zona anóxica.

La última cámara óxica se configura además como zona facultativa tipo anóxica – óxica, donde la primera mitad dispondrá de agitación para los momentos en los que opere como zona anóxica mediante el aislamiento de su parrilla de difusores. Esta cámara permite al sistema la posibilidad de operar en configuración **BARDENPHO 5 ETAPAS**.

Por otra parte, cabe destacar que el diseño propuesto requiere de la aportación de una fuente de carbono externa para cumplir con los requisitos de calidad de salida del nitrógeno. Por ello, se ha proyectado la instalación de almacenamiento y dosificación de glicerina (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>), que constituye la fuente de carbono que se ha probado con mejores resultados en otras plantas de la Comunidad. La dosificación de esta fuente externa de carbono se realizaría en distintos puntos, según la configuración de trabajo seleccionada.

Adicionalmente se ha previsto una instalación de almacenamiento y dosificación de cloruro férrico para afinar la eliminación del fósforo, y poder garantizar la concentración de salida exigida. Como en el caso de la fuente de carbono, su punto de dosificación dependerá de la configuración de trabajo seleccionada.

En los siguientes esquemas se muestran las tres configuraciones de operación dispuestas:



Estas tres configuraciones de operación han sido simuladas mediante el software WEST, concluyéndose que la más ventajosa en términos de explotación es la BARDENPHO 5 ETAPAS. Y la menos ventajosa a priori sería la UCT, que implica una mayor producción de fangos, un mayor consumo de reactivos, y unas mayores necesidades de aireación. Por ello, aplicándose un criterio conservador, las instalaciones se han dimensionado a partir de las necesidades exigidas por la configuración UCT, que serán los cálculos que se muestran a continuación.

El calado seleccionado para el reactor biológico asciende a 6,50 metros, que constituye una lámina en la que se encuentra el equilibrio entre el aumento del rendimiento de los difusores de aire con la profundidad y la demanda energética de los compresores de aire, creciente también con la profundidad.

Todas las cámaras no aireadas dispondrán de agitadores sumergibles regulados mediante variadores de frecuencia, para adaptar su punto de trabajo al caudal de tratamiento y a la concentración del licor mezcla en cada momento, y poder optimizar así su consumo energético.

Con los siguientes volúmenes totales adoptados se comprueban los principales parámetros de operación:

CALCULO DEL REACTOR BIOLOGICO		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
<b>Volumenes del reactor biológico adoptado</b>			
Volumen total zona anaerobia	[m <sup>3</sup> ]	3.713	3.713
Volumen total zona anóxica	[m <sup>3</sup> ]	24.461	24.461
Volumen total zona óxica	[m <sup>3</sup> ]	24.406	24.406
Volumen total reactor biológico adoptado	[m <sup>3</sup> ]	52.580	52.580
<b>Comprobación de los parámetros de funcionamiento</b>			
Tiempo de retención hidráulico a caudal medio	[h]	23,85	22,36
Tiempo de retención hidráulico a caudal punta	[h]	16,16	15,10
Comprobación de la edad del fango	[días]	12,96	16,69
Carga mísica	[kgDBO <sub>5</sub> /d/kgMLSS]	0,10	0,09
Carga volúmica	[kg DBO <sub>5</sub> /d/m <sup>3</sup> ]	0,29	0,26

También como criterio conservador se ha calculado la edad del fango despreciando la eliminación biológica del fósforo que tiene lugar en la zona anaerobia, asumiendo de esta manera una mayor producción de fangos químicos:

CALCULO DEL REACTOR BIOLOGICO		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
<b>Cálculo de la producción de fangos en exceso</b>			
Conc. de DQO filtrada en el aporte de carbono externo	[mg/l]	170	118
Contribución de la fuente externa de carbono	[kg/día]	4.500	3.100
Relación X <sub>SST</sub> /C <sub>DBO5</sub>	[ - ]	0,60	0,59
Factor corrector temperatura para la resp. endógena	[ - ]	0,93	2,15
Tiempo retención celular diseño	[días]	12,96	16,69
Producción de fango biológico en exceso sobre DBO <sub>5</sub>	[kgSST/kgDBO <sub>5</sub> ent.]	0,70	0,59
Fango biológico en exceso diario generado	[kgSST/día]	10.782	8.104
Fango diario por eliminación biológica del fósforo	[kgSST/día]	230	207
Fango diario por eliminación química del fósforo	[kgSST/día]	869	919
Producción de fango en exceso adoptada	[kg SST/día]	11.881	9.231
Concentración adoptada de purga y recirculación	[mg SST/l]	6.000	6.000
Caudal diario de fangos en exceso	[m <sup>3</sup> /día]	1.980	1.538



Se han previsto varios bombeos de recirculación: uno externo de los fangos purgados de la decantación secundaria, y tres internos del licor mezcla para la eliminación de nutrientes y con distintos destinos según las configuraciones. A continuación se resumen las capacidades y destinos de estos bombeos:

CALCULO DE LAS RECIRCULACIONES		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
<b>Recirculación de fango externa</b>			
Origen	[ - ]	Decantador secundario	Decantador secundario
Destino según esquema de operación			
Configuración "UCT"	[ - ]	Anóxica nº1	Anóxica nº1
Configuración "A2O"	[ - ]	Anaerobia nº1	Anaerobia nº1
Configuración "BARDENPHO 5 etapas"	[ - ]	Anaerobia nº1	Anaerobia nº1
% Recirculación externa teórica necesaria	[ % ]	100%	100%
% Recirculación externa adoptada	[ % ]	100%	100%
Caudal de recirculación total adoptado	[ m³/h ]	2.204	2.186
Tipo de bombas	[ - ]	Centrífugas sumergibles	Centrífugas sumergibles
Número de bombas totales a instalar	[ Ud ]	5	5
Número de bombas en funcionamiento	[ Ud ]	4	4
Número de bombas totales en reserva	[ Ud ]	1	1
Caudal horario unitario necesario	[ m³/h ]	551	546
Caudal horario unitario adoptado	[ m³/h ]	555	555
Altura manométrica necesaria	[ m.c.a. ]	5,01	5,01
Altura manométrica adoptada	[ m.c.a. ]	5,10	5,10
<b>Recirculación interna del licor mezcla nº1 (desnitrificación)</b>			
Origen	[ - ]	Óxica nº3	Óxica nº3
Destino según esquema de operación			
Configuración "UCT"	[ - ]	Anóxica nº1	Anóxica nº1
Configuración "A2O"	[ - ]	Anóxica nº1	Anóxica nº1
Configuración "BARDENPHO 5 etapas"	[ - ]	-	-
% Recirculación total teórica necesaria	[ % ]	698	657
% Recirculación interna necesaria	[ % ]	598	557
% Recirculación interna adoptada	[ % ]	600%	560%
Caudal de recirculación interna necesario	[ m³/h ]	13.225	12.241
Tipo de bombas	[ - ]	Axiales sumergibles	Axiales sumergibles
Número de bombas totales a instalar	[ Ud ]	8	8
Número de bombas en funcionamiento	[ Ud ]	8	8
Número de bombas en reserva (en almacén)	[ Ud ]	1	1
Caudal unitario teórico	[ m³/h ]	1.653	1.530
Caudal unitario adoptado	[ m³/h ]	1.660	1.660
Altura manométrica necesaria	[ m.c.a. ]	1,76	1,76
Altura manométrica adoptada	[ m.c.a. ]	1,80	1,80
<b>Recirculación interna del licor mezcla nº2 (desnitrificación)</b>			
Origen	[ - ]	Óxica nº2	Óxica nº2

CALCULO DE LAS RECIRCULACIONES		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
Destino según esquema de operación			
Configuración "UCT"	[ - ]	-	-
Configuración "A2O"	[ - ]	-	-
Configuración "BARDENPHO 5 etapas"	[ - ]	Anóxica nº1	Anóxica nº1
Recirculación interna adoptada	[ % ]	350%	350%
Caudal total de recirculación necesario	[ m³/h ]	7.715	7.650
Tipo de bombas e instalación	[ - ]	Axiales sumergibles	Axiales sumergibles
Número de bombas totales a instalar	[ ud ]	4	4
Número de bombas en funcionamiento	[ ud ]	4	4
Número de bombas en reserva (en almacén)	[ ud ]	1	1
Caudal horario unitario necesario	[ m³/h ]	1.929	1.913
Caudal horario unitario adoptado	[ m³/h ]	1.952	1.952
Altura manométrica necesaria	[ m.c.a. ]	1,66	1,66
Altura manométrica adoptada	[ m.c.a. ]	1,70	1,70
<b>Recirculación interna del licor mezcla nº3 (elim. del fósforo)</b>			
Origen	[ - ]	Anóxica nº2	Anóxica nº2
Destino según esquema de operación			
Configuración "UCT"	[ - ]	Anaerobia nº1	Anaerobia nº1
Configuración "A2O"	[ - ]	-	-
Configuración "BARDENPHO 5 etapas"	[ - ]	-	-
Recirculación interna adoptada	[ % ]	200%	200%
Caudal total de recirculación necesario	[ m³/h ]	4.408	4.372
Tipo de bombas e instalación	[ - ]	Axiales sumergibles	Axiales sumergibles
Número de bombas totales a instalar	[ ud ]	4	4
Número de bombas en funcionamiento	[ ud ]	4	4
Número de bombas en reserva (en almacén)	[ ud ]	1	1
Caudal horario unitario necesario	[ m³/h ]	1.102	1.093
Caudal horario unitario adoptado	[ m³/h ]	1.110	1.110
Altura manométrica necesaria	[ m.c.a. ]	1,64	1,64
Altura manométrica adoptada	[ m.c.a. ]	1,70	1,70

Para el cálculo de las necesidades de oxígeno se han promediado diversos métodos de cálculo, obteniéndose los siguientes resultados:

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES TEÓRICAS DE OXÍGENO		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
Necesidades medias diarias de oxígeno	[ kg O₂/d ]	18.737	21.018
Ratio de demanda media de oxígeno	[ kg O₂/kg DBO₅ elim. ]	1,79	2,01
Necesidades punta horarias de oxígeno	[ kg O₂/h ]	1.021,31	1.118,76



En la selección del número de difusores de cada cámara óxica se ha considerado una necesidad decreciente (43%, 35% y 22%). En cualquier caso, las parrillas se han dimensionado con una elevada densidad de difusores circulares de membrana para garantizar el mayor rendimiento (SOTE) posible en la transferencia de oxígeno para optimizar el consumo energético de la planta, y para asegurar la distribución del aire necesario en cada configuración de operación propuesta. Con estas premisas se obtienen las siguientes necesidades de aire, que serán suministradas por soplantes de levitación magnética:

CÁLCULO DE LA ESTACIÓN DE AIREACIÓN NECESARIA	DISEÑO INV.	DISEÑO VER.	
Caudal de aire global en condiciones medias	[Nm <sup>3</sup> /h]	18.007	19.149
Caudal de aire global en condiciones punta	[Nm <sup>3</sup> /h]	24.304	26.811
Tipo de soplantes seleccionadas	[-]	Levitación magnética	Levitación magnética
Número de equipos a instalar	[ud]	5	5
Número de equipos en reserva	[ud]	1	1
Altura manométrica	[m.c.a.]	7,50	7,50
Temperatura del aire exterior aspirado	[°C]	20	40
Caudal de aire unitario teórico	[Nm <sup>3</sup> /h]	6.076	6.703
Caudal de aire unitario adoptado	[Nm <sup>3</sup> /h]	7.000	7.000
Horas de funcionamiento en condiciones medias a plena carga	[h]	15,43	16,41
Horas de funcionamiento en condiciones punta a plena carga	[h]	20,83	22,98

Estas soplantes se ubicarán en la sala de aireación de los reactores biológicos, dotada de una ventilación adecuada para evitar la acumulación de calor producido por los equipos y equipo de mantenimiento de las mismas.

Las soplantes impulsarán a un colector común de aireación, con lo que se podrá seleccionar el número de equipos en operación según las necesidades medias y puntas, permitiendo operar en un rango entre el 60 y el 100%, que garantiza una buena regulación del aire y unos rendimientos óptimos en las máquinas.

Se ha proyectado un sistema de aireación que permite la regulación automática e independiente del aporte de oxígeno a cada uno de las zonas de los reactores. Para ello se ha dispuesto válvulas reguladoras de caudal de diafragma para cada una de las parrillas de difusores, y la regulación se realiza mediante la medida de oxígeno en cada zona actuando sobre las propias válvulas y las soplantes. Todas las tuberías de aire se ejecutarán en acero inoxidable AISI 316L.

El sistema de control está orientado a mantener una consigna de concentración de oxígeno disuelto en el reactor. A su vez la consiga de oxígeno disuelto a mantener estará condicionada por la medición de la

concentración de amonio en la cámara aerobia, a fin de optimizar el rendimiento de la nitrificación. Estos parámetros determinarán la necesidad de aumentar o disminuir el caudal de aire asociado a cada línea del reactor biológico, para lo cual el sistema actúa mediante el variador de frecuencia de cada soplante de levitación.

Además, se ha previsto la instalación de una *plataforma de control y gestión del tratamiento biológico*, cuyos principales objetivos son los siguientes:

- Ayudar a garantizar los límites de vertido y optimizar la eliminación de materia carbonosa y nutrientes.
- Ofrecer una herramienta avanzada de monitorización y control de procesos.
- Optimizar el proceso de producción y distribución de aire en los reactores biológicos.
- Optimizar el consumo energético de la instalación.
- Optimizar el bombeo de las recirculaciones internas, tanto para la reducción del nitrato como para la potenciación de la eliminación biológica de fósforo.
- Optimizar la dosificación de coagulante para la eliminación química de fósforo.

Con este sistema de control se puede llegar a lograr un ahorro entre el 10 y el 20% en los costes asociados a la aireación, así como optimizaciones considerables en las recirculaciones internas y dosificaciones de reactivos (glicerina, cloruro férrico).

Las instalaciones de reactivos se han diseñado conforme al reglamento ITC-APQ-6. Los depósitos de almacenamiento están ejecutados en PRFV, y dispondrán de sus bombas de carga correspondientes. Las bombas dosificadoras seleccionadas son de tipo peristáltico, todas ellas reguladas mediante variadores de frecuencia.

Para el vaciado de reactores y decantadores primarios se dispondrá una arqueta con dos (1+1R) bombas sumergibles de caudal 285 m<sup>3</sup>/h, que podrán vaciar a cabecera cualquier reactor en menos de 48 horas.

### 3.2.3.4. Decantación secundaria

El agua procedente del reactor biológico llegará al centro de una arqueta de reparto mediante conducción de PRFV y diámetro 1.400 mm. En dicha arqueta se dispondrán cuatro (4) vertederos de reparto de 2,50 m de ancho cada uno, que alimentarán respectivamente a cada uno de los decantadores secundarios. Se



han instalado compuertas motorizadas para aislamiento de los mismos.

La decantación secundaria estará formada por cuatro (4) decantadores circulares, tipo barredera, de 34,50 m de diámetro interior cada uno y 4,0 m de calado recto útil. Se ha considerado un alcance radial del puente. Los parámetros de operación esperados son los siguientes:

DECANTACIÓN SECUNDARIA	DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
Caudal Medio	[l/s]	612
Caudal Punta	[l/s]	904
<b>Condiciones de funcionamiento</b>		
Velocidad ascensional a caudal punta	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h]	0,87
Velocidad ascensional a caudal medio	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h]	0,59
Carga de sólidos a caudal punta	[kgSS/m <sup>2</sup> /h]	2,62
Carga de sólidos a caudal medio	[kgSS/m <sup>2</sup> /h]	1,78
Tiempo de retención a caudal punta	[h]	4,60
Tiempo de retención a caudal medio	[h]	6,79
Carga sobre vertedero a caudal punta	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h]	7,51
Carga sobre vertedero a caudal medio	[m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h]	5,08
		5,04

El agua procedente de los reactores biológicos se introduce por la parte inferior del decantador, mediante tubería de PRFV de DN 700.

El equipamiento del decantador se corresponderá con el de un equipo convencional, en lo que a la recogida de flotantes y fangos se refiere. El destino de los flotantes será el mismo que para la decantación primaria: los separadores de grasas, a los que se impulsará mediante 3(2+1R) bombas sumergibles de caudal unitario 22,41 m<sup>3</sup>/h.

El bombeo de fangos en exceso se realizará mediante cinco (4+1R) bombas centrífugas sumergibles, de caudal unitario 66,50 m<sup>3</sup>/h y 6,57 mca de altura manométrica, al sistema de espesamiento por flotación. Estas bombas estarán reguladas mediante variadores de frecuencia, con el fin de poder controlar el caudal de entrada a los espesadores en todo momento.

Además, se dispondrán 2(1+1R) bombas sumergibles de capacidad 85 m<sup>3</sup>/h que permitirán vaciar cualquier decantador a cabecera de planta en un periodo inferior a 48 horas.

### 3.2.3.5. Medida de caudal y agua de servicios

El agua clarificada pasará a un depósito de agua tratada, dotado de un vertedero para mantenimiento de

nivel, en el que se han previsto la captación del equipo toma muestra y la captación para el tratamiento de agua industrial.

En la conducción de salida del depósito, ejecutada en PRFV y DN1000, se ha previsto la instalación de una reducción para un caudalímetro electromagnético para la medida del caudal de salida, para después verter el fluente depurado en el actual laberinto de cloración, el cual dispone de un bombeo sumergible al depósito de modulación a Rejas que continuará manteniéndose en servicio de emergencia.

Este tratamiento del agua de servicios constará de las siguientes unidades, para producir un caudal medio de 80 m<sup>3</sup>/h a utilizar en diversos puntos de la planta:

- Un grupo de presión de agua de servicios formado por 3(2+1R) bombas verticales de caudal unitario 40 m<sup>3</sup>/h y altura manométrica 5 bar; cada bomba estará regulada mediante su propio variador de frecuencia.
- Un filtro de malla de caudal unitario 80 m<sup>3</sup>/h y grado de filtración de 20 micras, necesario para garantizar una concentración de sólidos de 10 mg/l.
- Un reactor en tubería de desinfección UV, con un grado de desinfección de escherichia coli de 200 UFC/100 ml para una transmitancia del 55%, para el percentil 90 de las muestras mensuales.
- Tanto los filtros como el reactor disponen de un by-pass individual de emergencia.

### 3.2.4. Línea de fangos

La línea de fangos se ejecutará de forma independiente a la existente, siendo posible realizar su construcción sin afectar al funcionamiento de la planta actual.

Una vez finalizada su construcción y puesta en marcha, se procederá al desmontaje de la línea de fangos existente.

La línea de tratamiento de fangos es convencional y está formada por: espesamiento por gravedad de los fangos primarios, previo tamizado de los mismos; espesamiento por flotación de los fangos en exceso; digestión anaerobia de los fangos mixtos con depósito almacenamiento de los fangos digeridos; deshidratación mecánica de los fangos digeridos en centrífugas con almacenamiento final en silos.

Las producciones de fangos adoptadas, y sus principales características, son las siguientes:



RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN DE FANGOS		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
<b>FANGOS PROCEDENTES DE LA DECANTACIÓN PRIMARIA</b>			
Fangos totales generados	[kg SST/día]	8.626	8.544
Fracción volátil media	[%]	75%	75%
Fangos volátiles generados	[kg SSV/día]	6.469	6.408
Concentración en la purga	[g/l]	15	15
Caudal diario de fangos	[m³/día]	575	570
Horas de purga	[h/día]	8	8
Caudal horario de fangos	[m³/h]	72	71
<b>FANGOS PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>			
<i>Fangos generados en el tratamiento biológico</i>			
Fangos totales generados	[kg SST/día]	11.012	8.312
Fracción volátil media	[%]	74%	73%
Fangos volátiles generados	[kg SSV/día]	8.149	6.067
<i>Fangos generados en la eliminación química del fósforo</i>			
Fangos totales generados	[kg SST/día]	869	919
Fracción volátil media	[%]	0%	0%
Fangos volátiles generados	[kg SSV/día]	0	0
<i>Fangos totales generados</i>			
Fangos totales generados	[kg SST/día]	11.881	9.231
Fracción volátil media	[%]	69%	66%
Fangos volátiles generados	[kg SSV/día]	8.149	6.067
Concentración media en la purga	[g/l]	6,00	6,00
Caudal diario de fangos	[m³/día]	1.980	1.538
Horas de purga	[h/día]	8	8
Caudal horario de fangos	[m³/h]	248	192

### 3.2.4.1. Tamizado de fangos

Todos los fangos purgados en la decantación primaria de la EDAR se enviarán al espesamiento de gravedad, tras su tamizado previo.

Por seguridad, el tamizado de fangos se ha dimensionado para una concentración mínima de los fangos primarios de 10 g/l, inferior a la concentración nominal de 15 g/l utilizado en los cálculos.

El tamizado se realizará mediante dos (1+1R) tamices rotativos, con una capacidad unitaria máxima de 120 m³/h y una luz de malla de 3 mm. La descarga de residuos de cada tamiz se realizará sobre un tornillo transportador a contenedor de capacidad 1 m³.

Las instalaciones de tamizado se albergarán en una sala exclusiva del edificio de fangos, ubicada junto a los dos nuevos espesadores de gravedad, y estará convenientemente desodorizado.

Los fangos primarios ya tamizados se conducen por gravedad mediante tubería de acero inoxidable y

diámetro 150 mm hacia los dos espesadores de gravedad.

### 3.2.4.2. Espesamiento por gravedad

Para el espesamiento de los fangos primarios se han diseñado dos (2) espesadores de gravedad de 9,0 m de diámetro y 4,0 m de altura cilíndrica útil. Los espesadores tienen un volumen útil total de 529 m³ y proporcionan un tiempo de retención en torno a las 24 horas. La carga de sólidos es inferior a 70 kg SST/m²·día, y la carga hidráulica a 0,60 m/h.

Los materiales de los componentes principales de cada espesador, sumergidos y no sumergidos, estarán ejecutados en acero inoxidable AISI316L.

La concentración adoptada para el fango espesado es de 55 kg SST/m³. Los fangos espesados se impulsarán a la cámara de mezcla de fangos mixtos mediante un juego de 3(2+1R) bombas de tornillo helicoidal, con un caudal unitario de 15 m³/h y una altura manométrica de 10 mca.



Los espesadores de fangos están cubiertos mediante cubiertas de PRFV y conectados al sistema de desodorización de la línea de fangos.

La cubierta estará construida a partir de elementos moduladores prefabricados, en forma de sectores esféricos que apoyarán sobre los muros perimetrales de hormigón y el puente central, también de hormigón, a través de un angular fabricado en PRFV.

Los sobrenadantes se conducen por gravedad a la arqueta de reunión de sobrenadantes de espesamiento.



### 3.2.4.3. Espesamiento por flotación

Los fangos biológicos en exceso se espesarán por flotación directa por aire disuelto mediante presurización. Para ello se proyectan dos (2) espesadores de flotación de 9,50 m de diámetro y 3,00 m de altura cilíndrica útil, de manera que la carga hidráulica es inferior a los 2,50 m/h y la carga superficial de sólidos es inferior a los 85 kgSST/(m<sup>2</sup>·día).

Los materiales de los componentes principales de cada espesador, sumergidos y no sumergidos, estarán ejecutados en acero inoxidable AISI316.

El sistema de presurización estará formado por tres (2+1R) bombas centrífugas horizontales, de caudal unitario 120 m<sup>3</sup>/h y altura manométrica 60 mca, dos depósitos de presurización, y tres (2+1R) compresores de 25 m<sup>3</sup>/h de caudal unitario y 7 kg/cm<sup>3</sup> de presión.

La concentración adoptada para el fango espesado es de 40 kg SST/m<sup>3</sup>, fácilmente obtenible teniendo en cuenta que adicionalmente se dispondrá de un sistema de dosificación de polielectrolito para acondicionamiento del fango por seguridad. Los fangos flotados y los fangos decantados en el propio espesador se impulsarán a la misma cámara mediante un juego de 3(2+1R) bombas de tornillo helicoidal, de caudal unitario 25 m<sup>3</sup>/h y una altura manométrica de 10 mca.

La instalación de acondicionamiento de fangos está formada por un equipo de preparación en continua de polielectrolito de 550 l/h de capacidad y tres (2+1R) bombas dosificadoras de tornillo helicoidal de 250 l/h de capacidad unitaria, con variador de frecuencia independiente para cada bomba. La dosis máxima de diseño prevista es de 4 kg/ton MS.

Los reboses se dirigirán por gravedad a la arqueta de sobrenadantes, en la que se reunirán con los procedentes de los espesadores por gravedad, y desde la que se impulsará a cabecera de planta mediante tres (2+1R) bombas centrífugas sumergibles de caudal unitario 52,68 m<sup>3</sup>/h y altura 10,22 mca.

Al igual que los espesadores de gravedad, los flotadores de fangos están cubiertos mediante cubiertas de PRFV y conectados al sistema de desodorización de la línea de fangos.

### 3.2.4.4. Homogeneización de fangos espesados

Los fangos espesados por gravedad y los fangos espesados por flotación se recogen en una cámara de homogeneización y mezcla, situada en el sótano del edificio de fangos.

Esta cámara está dimensionada ampliamente para homogeneizar los fangos espesados con un tiempo de retención superior a las 3 horas, y dispondrá de una toma para la captación de los malos olores.

Se ha previsto un agitador sumergible de potencia unitaria 1,50 kW para garantizar una mezcla homogénea de los fangos.

De esta cámara aspiran las bombas que envían el fango a la digestión anaerobia. Las tres (2+1R) bombas proyectadas son de tornillo helicoidal, con un caudal unitario de hasta 25 m<sup>3</sup>/h a 20 m de altura manométrica, y estarán reguladas por variadores de frecuencia. Cada conducción de impulsión dispondrá de una medida de caudal electromagnético.

### 3.2.4.5. Digestión anaerobia de fangos

La finalidad principal de este proceso es la eliminación de una fracción apreciable de los sólidos volátiles y, como consecuencia de este proceso, la generación de biogás para el calentamiento de los fangos.

La estabilización de los lodos se realizará mediante digestión anaerobia mesófílica de una etapa, con dos digestores idénticos, operando a una temperatura media de 35 °C.

Para ello se ha diseñado cada digestor con un diámetro interior de 20,0 metros y una altura cilíndrica reacta de 14,90 metros. El volumen de cada digestor proyectado es de 4.772 m<sup>3</sup>, garantizando un tiempo de retención superior a los 21 días en cualquiera de los escenarios estudiados. La carga de sólidos volátiles es de 1,53 kg SSV/m<sup>3</sup>·día como máximo, y la de sólidos de 2,15 kg SST/m<sup>3</sup>·día también como máximo. La reducción de sólidos volátiles prevista en estas condiciones es del 45%. De esta manera, la estabilidad de los fangos mixtos digeridos es inferior al 60% máximo admitido, según se aprecia en los parámetros de operación obtenidos:

CÁLCULO DEL DIGESTOR		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
Comprobación de las condiciones de funcionamiento			
Tiempo de retención medio	[d]	21,03	24,72
Carga de SST en digestión	[kgSST/m <sup>3</sup> ·día]	2,15	1,86
Carga de SSV en digestión	[kgSSV/m <sup>3</sup> ·día]	1,53	1,31
Estabilidad en los fangos digeridos (como % en peso de SSV)	[%]	58%	56%

El digestor se ejecutará tanto con una entrada lateral de hombre, construida en acero, como otra entrada en cubierta para inspección. Tendrá además los correspondientes dispositivos para extracción de fangos y para toma de muestras a distintas alturas. Su disposición constructiva garantizará su estanqueidad frente



al gas y líquido contenido en su interior, para lo cual se aplicará una película impermeabilizante en su cara interior. Todas las tuberías, pasamuros y piezas metálicas instaladas en el interior del digestor se proyectan en acero inoxidable AISI 316L.

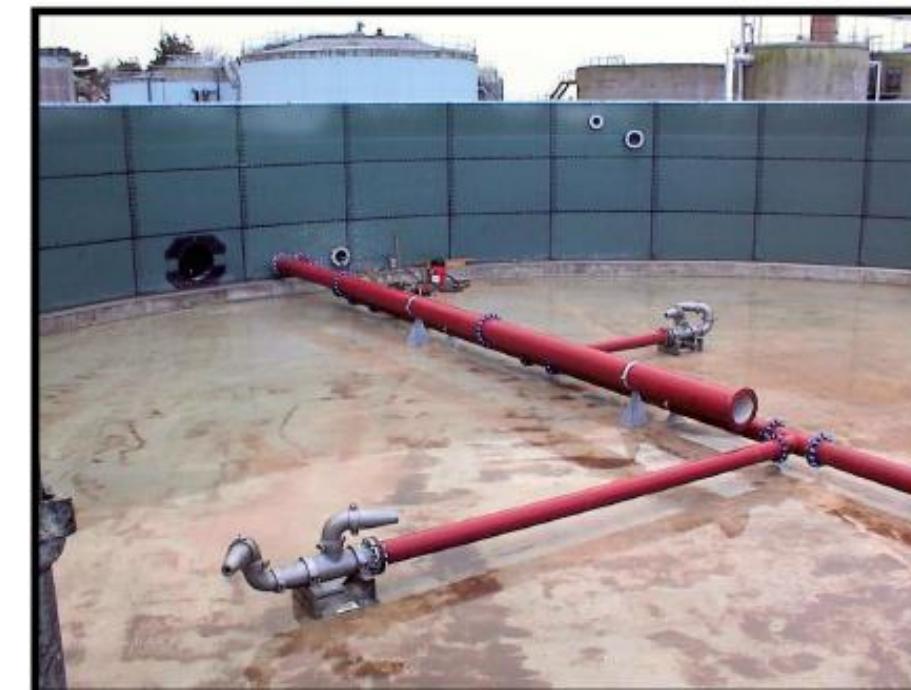
Se ha diseñado un edificio de fangos donde se albergan, entre otros equipos, todos los correspondientes a la digestión.

Para la agitación de los fangos en el interior del digestor se ha optado por adoptar un sistema similar al de los digestores existentes, y que tan buen resultado ha dado estos años, basado en un bombeo de recirculación externo. Como mejora, se proyectan bombas de recirculación de tipo trituradoras, con lo que las partículas sólidas se reducen de tamaño cada vez que son impulsadas, haciéndolas más sensibles al ataque químico y/o biológico, aumentando la eficiencia en la reducción de sólidos volátiles y disminuyendo los problemas por atascos. Estas bombas estarán reguladas mediante variadores de frecuencia, y se instalarán tres (2+1R) unidades de caudal unitario 1.200 m<sup>3</sup>/h, con lo que se garantizan hasta 6 ciclos de renovación completos diarios en cada digestor.

Por otro lado, para optimizar el flujo de agitación en el interior del digestor, se instalan una serie de boquillas difusoras de fango, convenientemente distribuidas a diversas alturas, incluyendo una superior que evita la formación de costras en la superficie.

BOQUILLA DOBLE  
final de recorrido

BOQUILLA SIMPLE – SCUM BUSTER

BOQUILLA SIMPLE – EN PARED  
final de recorrido

En este caso concreto, en cada digestor tendrá lugar la instalación de tres boquillas dobles en el suelo, cuatro boquillas simples (tipo "scum buster") en la pared a media altura, y una boquilla simple (tipo "foam buster") en la altura superior.

Estas boquillas son muy robustas, sin partes móviles, y fabricadas en fundición de hierro dúctil con recubrimiento interior vitrificado, con ánodos de zinc para prevenir la corrosión galvánica. Su disposición en el digestor evita tanto la formación de espumas como sedimentaciones.

Para la calefacción de los digestores se instalan tres (2+1R) calderas pirotubulares de baja presión de capacidad unitaria 300.000 kcal/h, dimensionadas para trabajar con un factor de carga en torno al 80%. Cada caldera dispondrá de un quemador dual, que habitualmente utilizará el biogás generado para la combustión, pero que también podrá usar el combustible auxiliar de gasóleo, en ocasiones en las que haya falta de biogás o en el arranque del proceso de digestión.

La alimentación de biogás a las calderas se realizará con 3(2+1R) soplantes de canal lateral, cada una de ellas de caudal unitario 80 Nm<sup>3</sup>/h.

Se instalan así mismo tres (2+1R) intercambiadores de calor de 300.000 kcal/h de capacidad unitaria, de tipo espiral con flujo a contracorriente. Estos equipos se encuentran ubicados en el sótano del edificio de fangos, junto con las bombas de recirculación de agua y fango. Se instalan válvulas de purga en los circuitos de agua y fango. Cada intercambiador de calor está construido en acero inoxidable AISI316L.



La tubería con el agua enfriada sale del intercambiador de calor y se dirige hacia las bombas de recirculación de agua y mediante una válvula de cuatro vías automática se envía el agua directamente hacia el intercambiador de nuevo, hacia las calderas o hacia los grupos cogeneradores de biogás, siendo este último su destino habitual. Esta selección se realiza en función de la temperatura del agua, de tal manera que si tiene temperatura suficiente para calentar los fangos se by-pasean las calderas y los cogeneradores. El salto térmico establecido para el agua es de 5°C.

Cada una de las conexiones con el sistema de intercambio de calor se puede aislar mediante una válvula de accionamiento manual. En la conducción de agua caliente se ha instalado un depósito de expansión que protege al sistema. Además, se han instalado los equipos necesarios para el llenado automático del sistema mediante agua descalcificada.

Para la recirculación del agua de las calderas a los intercambiadores de calor se han instalado 3(2+1R) bombas centrífugas horizontales de caudal unitario de 60 m<sup>3</sup>/h a 10 mca. La recirculación del fango se realiza mediante 3(2+1R) bombas centrífugas horizontales, de caudal unitario 70 m<sup>3</sup>/h y altura manométrica 10 mca. El fango caliente se descarga en la arqueta de alimentación del digestor.

Se han instalado tomas de muestras y puntos de limpieza en las diferentes tuberías del tratamiento de fangos.

Para la purga de fangos se han instalado dentro del digestor tuberías a tres alturas (purga inferior, purga intermedia y purga superior) de diámetro nominal 100 mm, ejecutadas en AISI 316 con sus correspondientes válvulas de aislamiento. Estas purgas se juntan en una única tubería exterior a los digestores que dispone de un sistema de tomamuestras para el control del fango digerido.

Los fangos de los digestores se conducen al depósito tampón por gravedad, directamente desde la arqueta de salida de los digestores.

Adicionalmente, en el sótano del edificio de fangos se instalarán dos (1+1R) bombas de tornillo helicoidal de caudal unitario 25 m<sup>3</sup>/h para el vaciado y trasiego de fangos entre digestores, o de estos al depósito tampón.

#### 3.2.4.6. Almacenamiento de los fangos digeridos

Los fangos digeridos presentan una concentración media entre 30,69 y 31,50 g/l, dependiendo del escenario (invierno/verano), y se almacenarán en un depósito tampón, circular de diámetro interior 16

metros y altura recta útil de 5,60 metros. El volumen total disponible asciende a 1.260 m<sup>3</sup>, que supone un tiempo de retención siempre superior a las 64 horas necesarias según los ciclos de deshidratación propuestos.

El depósito estará agitado con dos unidades (1+1R) sumergibles, de potencia unitaria 7,50 kW.

El depósito estará cubierto de manera similar a los espesadores de fangos, con una cubierta ejecutada en PRFV en dos partes semicirculares apoyadas sobre una pasarela central, y conectado al sistema de desodorización de la línea de fangos.

#### 3.2.4.7. Deshidratación mecánica de fangos

Una vez estabilizados los fangos, éstos se someten a un proceso de deshidratación, lo que permite la reducción de volumen y la facilidad en su manejo.

Se dispone realizar la deshidratación mecánica de los fangos mediante decantadores centrífugos, con las que se espera obtener una concentración de fangos del 25%.

Los fangos procedentes del depósito de almacenamiento de fangos digeridos son impulsados a la deshidratación mediante dos (1+1R) bombas de tornillo helicoidal, reguladas mediante variadores de frecuencia. El caudal unitario de estas bombas es 50 m<sup>3</sup>/h, con una altura manométrica de 20 mca.

Las instalaciones de deshidratación están diseñadas para las cargas de fangos que se producen en la estación depuradora, con capacidad para su tratamiento en un período de operación de cinco (5) días a la semana trabajando catorce (14) horas al día tanto en verano como en invierno.

Se proyecta una deshidratación del fango mediante un grupo de dos (2) decantadores centrífugos, uno de ellas en reserva. La carga máxima de diseño de cada nuevo decantador asciende a 1.500 kg/h, y su caudal hidráulico es de 50 m<sup>3</sup>/h. Las máquinas propuestas son de última generación, con un consumo específico de energía muy mejorado, con un coeficiente de 0,80 kWh/m<sup>3</sup> cuando el decantador opera a plena carga.

El acondicionamiento químico del fango se realiza mediante un equipo de preparación de polielectrolito, que tiene una capacidad de preparación de 6.000 l/h. Se instalan tres (2+1R) bombas dosificadoras de tipo helicoidal de 1.500 l/h de caudal unitario máximo, y todas ellas estarán reguladas mediante variadores de frecuencia. La preparación y dosificación de reactivos se realizará de forma automática en función de las señales de caudales de entrada. El equipo de preparación de polielectrolito se encuentra situado en el



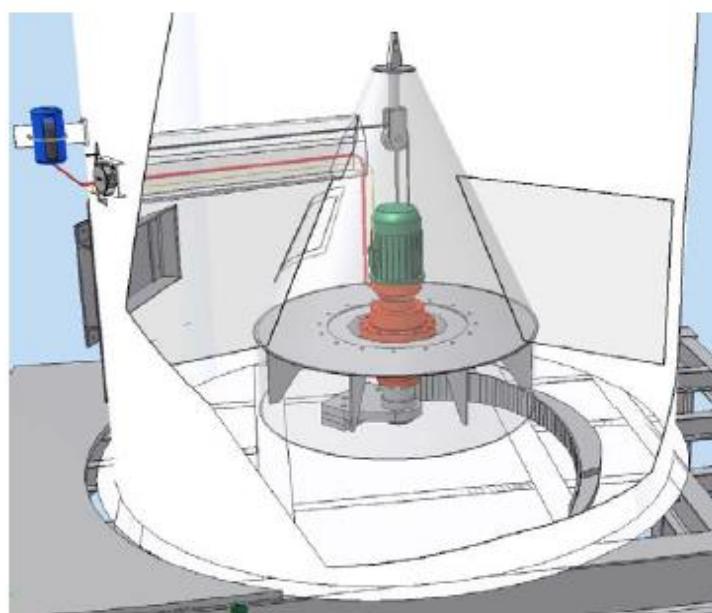
interior de la sala de deshidratación de fangos, junto al sistema de polielectrolito del espesamiento por flotación.

Se ha instalado un caudalímetro electromagnético en cada una de las conducciones de polielectrolito a centrífugas, así como un rotámetro en cada una de las conducciones de agua de dilución para el polielectrolito.

Los fangos deshidratados se conducen finalmente a los dos nuevos silos de almacenamiento mediante 2(1+1R) bombas de tornillo helicoidal reguladas mediante variadores de frecuencia, de caudal unitario 6,50 m<sup>3</sup>/h a 24 bar de altura manométrica, instaladas bajo los decantadores centrífugos. La tubería que conduce los fangos a los silos se ejecuta en AISI 316. Cualquier bomba de fango deshidratado puede alimentar a su vez a cualquiera de ambos silos.

La capacidad unitaria de los dos nuevos silos asciende a 125 m<sup>3</sup>, que proporciona una autonomía total de al menos 3 días útiles de deshidratación.

Cada silo dispondrá en su interior de un sistema de extracción rotativo, que consiste en un brazo con forma de segmento de espiral logarítmica, el cual extrae el fango al girar, sin compactarlo. Se asegura así una extracción homogénea del fango desde las paredes del silo hacia el conducto central de descarga. Con el objeto de no compactar el producto a extraer, el brazo está diseñado de forma que la velocidad de desplazamiento del producto a lo largo del mismo sea constante.



El conducto de descarga está provisto de una compuerta de tajadera, de accionamiento electromecánico, provista de finales de carrera para determinación de su posición.

Por último, los escurridos generados en el proceso de deshidratación se reúnen en una cámara situada en el sótano del edificio de fangos, desde la cual se impulsarán a la entrada al reactor biológico mediante dos (1+1R) bombas centrífugas sumergibles de caudal unitario 52,68 m<sup>3</sup>/h y altura manométrica 10,22 mca.

### 3.2.5. Línea de biogás

#### 3.2.5.1. Almacenamiento

El biogás generado en la digestión se aprovecha para el proceso de calefacción de los fangos y para la cogeneración. La producción prevista de biogás es de 5.920 y 5.053 Nm<sup>3</sup>/día para los escenarios de invierno y verano respectivamente.

En la salida de biogás de cada digestor se instalan válvulas de seguridad con apagallamas. Todos los elementos de la línea de biogás se ejecutan en acero inoxidable AISI 316 L.

Para el almacenamiento del biogás generado son necesarios dos (2) gasómetros de doble membrana, que con una capacidad unitaria de 1.720 Nm<sup>3</sup> garantiza un almacenamiento superior al 50% de la producción media diaria y a más de 24 horas de consumo en la instalación de calefacción.

Las conducciones de gas hacia los gasómetros disponen de depósitos de condensados para realizar el drenaje adecuado de las tuberías. Estos depósitos también están ejecutados en AISI316, y todos ellos tienen sus correspondientes válvulas de mariposa de aislamiento y válvulas de purga de los mismos.

#### 3.2.5.2. Quemado de emergencia

Para la eliminación del gas sobrante, en caso de emergencia, se ha dispuesto de una antorcha de llama oculta con una capacidad mínima suficiente para dos veces la producción de gas horaria. Esta antorcha tiene por tanto una capacidad máxima de 500 Nm<sup>3</sup>/h. La antorcha dispone de un sistema de encendido automático y detector de falta de llama. En la línea que conduce el gas a la antorcha se ha instalado una válvula de antiexplosión y un apagallamas de instalación horizontal.

Además, en el edificio de digestión se han instalado equipos de detección de gas, alarmas y de renovación de aire en todas las salas donde se dispone de tuberías de gas. Así mismo, también se han instalado apagallamas en la aspiración de los distintos elementos de la línea de gas.



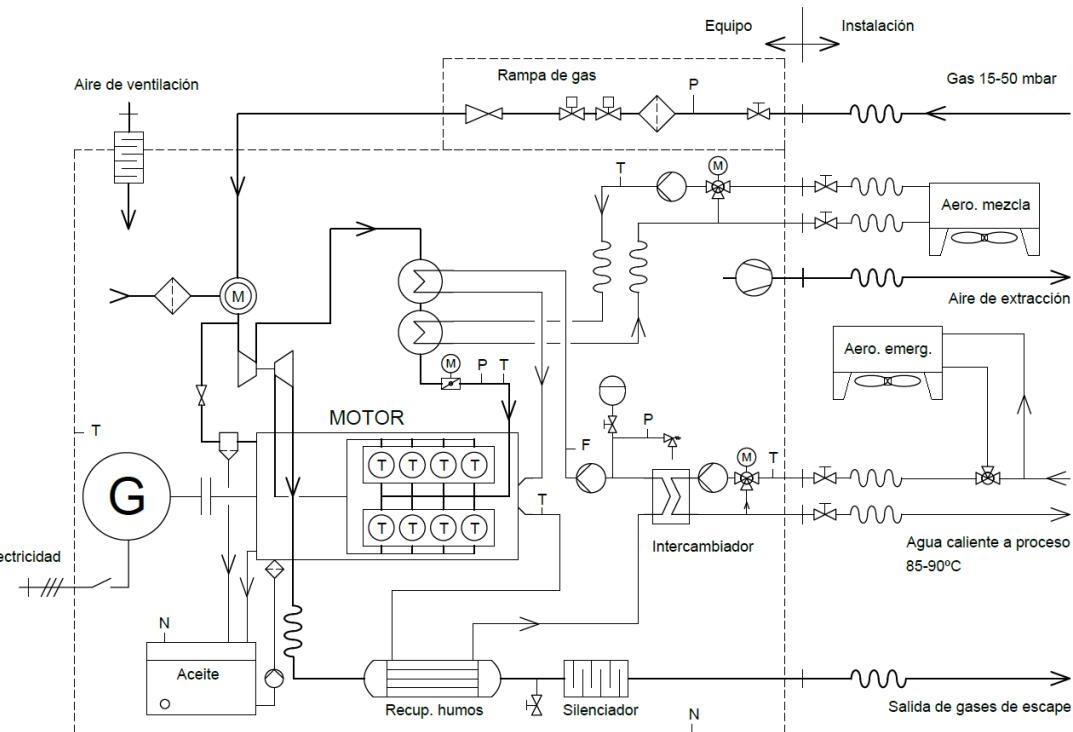
Se ha proyectado la instalación de un caudalímetro másico en cada conducción a cada caldera, así como en la llegada a la antorcha de quemado.

### 3.2.5.3. Cogeneración

La cogeneración se define como la producción secuencial de energía eléctrica, mecánica y térmica para aprovechamiento en los procesos industriales, que se hace a partir de una misma fuente de energía primaria. En la EDAR, la cogeneración consiste en recuperar el biogás generado en el proceso anaerobio de digestión de fangos para generar tanto energía eléctrica como energía térmica a partir de motores de combustión interna.

El sistema de cogeneración a partir del biogás previamente acondicionado consiste en un módulo compacto que incorpora un motor específicamente diseñado para quemar biogás de depuradora.

El motogenerador forma parte de un sistema completo de cogeneración, donde además de la energía eléctrica producida por la combustión en el propio motogenerador, se aprovecha la energía térmica que se obtiene a partir del calor de la primera etapa de intercooler, de los humos de escape, y del refrigerador del aceite lubricante y del bloque motor (camisas y culatas), para elevar la temperatura del agua que se utiliza en el circuito de calentamiento de los fangos del digestor. Todo este calor desde el denominado circuito primario de recuperación es transferido al circuito secundario mediante un único intercambiador de placas, según el siguiente esquema:



El equipo de cogeneración se ha dimensionado en base a la producción de biogás estimada en los cálculos de dimensionamiento, en cuyos balances se puede apreciar que se estará en disponibilidad de consumir el 100% del biogás generado en los grupos cogeneradores, y que la energía térmica producida será suficiente para satisfacer la demanda de calefacción de los fangos en los digestores:

COGENERACIÓN	DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
<b>CAUDAL DE FANGOS Y BIOGÁS DIARIO</b>		
Poder calorífico del biogás [kcal/Nm <sup>3</sup> ]	5.000	5.000
Caudal diario medio de biogás generado [Nm <sup>3</sup> /día]	5.920	5.053
Capacidad energética media disponible [kWh/día]	34.429	29.383
Capacidad energética media disponible [kWh/hora]	1.435	1.224
<b>Determinación del número de grupos y de funcionamiento</b>		
Nº de grupos motogeneradores a instalar [ud]	2	2
Nº de grupos motogeneradores en funcionamiento [ud]	2	2
Consumo energético teórico por grupo a plena carga [kW]	825	825
Consumo de combustible teórico por grupo a plena carga [Nm <sup>3</sup> /h]	142	142
Consumo energético máximo total por todos los grupos [kW]	1.650	1.650
Nº de horas máximo de funcionamiento diario admisibles [horas/día]	22,00	22,00
Nº de horas de funcionamiento diario adoptadas [horas/día]	20,87	17,81
Consumo energético total diario [kWh/día]	34.429	29.383
Fracción del biogás consumido en la motogeneración [%]	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>
Número de cilindros [ud]	8	8
Disposición de los cilindros [-]	V	V
Régimen de giro [rpm]	1.500	1.500
Rendimiento mecánico del grupo a plena carga [%]	41,60%	41,60%



COGENERACIÓN		DISEÑO INV.	DISEÑO VER.
<b>Cálculo de la energía eléctrica recuperable</b>			
Rendimiento eléctrico del grupo a plena carga	[%]	40,00%	40,00%
Potencia eléctrica disponible en bornes de cada alternador	[kWe]	330	330
Energía eléctrica diaria generada	[kWe/día]	13.771	11.753
Velocidad de giro del alternador	[rpm]	1.500	1.500
Rendimiento del alternador con factor de potencia unitario	[%]	96,20%	96,20%
Tensión nominal de generación	[V]	400	400
Frecuencia de generación	[Hz]	50	50
<b>Cálculo de la energía térmica recuperable</b>			
Rendimiento térmico del grupo motogenerador a plena carga	[%]	44,00%	44,00%
Potencia térmica recuperada por cada grupo a plena carga	[kWt]	363	363
Energía térmica horaria media disponible	[kW/h]	631	539
Tipo de intercambiador principal	[-]	Placas	Placas
Tipo de intercambiador en circuito de gases de escape	[-]	Carcasa y tubos	Carcasa y tubos
Fracción de la energía térmica recuperada en los gases	[%]	45,45%	45,45%
Energía térmica horaria disponible en los gases de escape	[kW/h]	287	245
Fracción de la energía térmica recuperada en el encamisado	[%]	54,55%	54,55%
Energía térmica disponible en el encamisado de motores	[kW/h]	344	294
Sist. de refrigeración emergencia del circuito principal	[-]	Aerorrefrigerador	Aerorrefrigerador
Sist. de refrigeración emergencia de la 2ª etapa intercooler	[-]	Aerorrefrigerador	Aerorrefrigerador
<b>BALANCE TÉRMICO GLOBAL</b>			
<b>Calentamiento digestión anaerobia</b>			
Energía térmica diaria necesaria en total	[kcal/día]	11.541.143	4.312.170
Energía térmica horaria necesaria en total	[kW/h]	559	209
Energía térmica horaria recuperada de los gases de escape	[kW/h]	287	245
Energía térmica horaria recuperada del encamisado motores	[kW/h]	344	294
Energía térmica adicional por consumo de biogás en calderas	[kW/h]	0	0
Rendimiento de la caldera convencional	[%]	90%	90%
Consumo de biogás en caldera convencional	[Nm³/día]	0	0
Energía térmica diaria excedente en total	[kW/h]	72	330
Energía térmica diaria excedente en total	[kcal/día]	1.483.653	6.803.622
<b>BALANCE GLOBAL DEL BIOGÁS</b>			
Fracción del biogás generado consumido en motogeneración	[%]	100,00%	100,00%
Fracción del biogás generado consumido en calderas	[%]	0,00%	0,00%
Fracción del biogás generado consumido en antorcha	[%]	0,00%	0,00%

Se proyectan dos grupos cogeneradores, con una potencia eléctrica de 330 kWe, que trabajando a plena carga son capaces de consumir todo el biogás disponible en un periodo diaria entre 17 y 21 horas.

Conviene destacar que los grupos motogeneradores propuestos son de alta eficiencia, con un rendimiento eléctrico del 40%, y que cumplen con las siguientes prescripciones:

- Los motores tienen las culatas de lubricación forzada.
- Los intercooler son de acero inoxidable para evitar corrosión a bajas temperaturas.

- Los intercooler están sobredimensionados para evitar paradas no programadas en verano.
- La refrigeración de las camisas también se ha diseñado con suficiente holgura.
- Las mesas aerorrefrigeradoras a instalar en el forzado del edificio disponen de nebulizadores.
- Los pistones de los motores son tipo “triflow”.
- Las culatas son individuales por cilindro, y tienen una sonda de temperatura en cada uno de ellos para poder hacer la regulación de la mezcla en función de la temperatura media de las cámaras.
- Dispone de sistemas de arranque automático en frío.



El programa de control de la motogeneración contemplará la posibilidad de automatizar la decisión de cuándo tomar biogás en función del precio horario de electricidad, respetando la seguridad de los gasómetros. Para ello, se traerán las señales del consumo total de la planta hasta el PLC que controla la motogeneración.

En la conducción de entrada a la sala de motogeneración se ha proyectado una válvula manual de gas junto a una válvula automática comandada por el medidor del nivel de explosividad instalado. En caso de cierre de la válvula automática se pondrá en funcionamiento automáticamente la ventilación automática de la sala.

Este mismo sistema de seguridad con enclavamiento se ha proyectado para la sala de calderas.

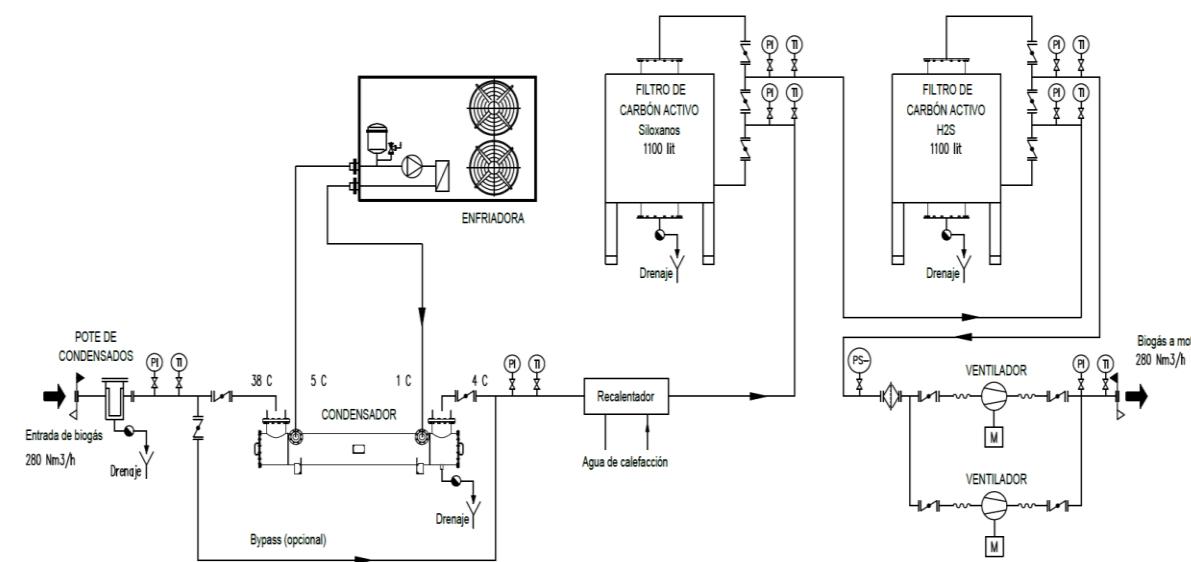
Previamente a su combustión en los motores, el biogás se debe someter un acondicionamiento para la



reducción de siloxanos y ácido sulfídrico hasta niveles asumibles por el motor.

Para ello, se proyecta un sistema compuesto por las siguientes etapas:

- **Etapa de deshumidificación:** etapa inicial en la que se enfriá todo el caudal de biogás hasta una temperatura de 4°C con objeto de condensar parte del vapor de agua. Además de prevenir condensaciones en la línea de gas y los equipos, la deshumidificación a esta temperatura elimina parte de la carga de siloxanos y otras sustancias perjudiciales.
- **Etapa de filtrado en carbón activo:** para eliminar siloxanos y H<sub>2</sub>S en el biogás alimentado al motor de cogeneración. Emplea dos filtros en serie
- **Etapa de impulsión:** etapa final en la que se aporta al biogás la presión necesaria para entrar a la rampa de gas del equipo de cogeneración (15-50 mbar).



Además, se incluye la instalación aguas arriba del sistema de un filtro de grava y un pote de condensados para la separación de espumas, impurezas y gotas que pueda arrastrar el biogás.

En la primera etapa, para condensar parte del vapor de agua, el biogás es enfriado en un intercambiador de calor (condensador) empleando agua glicolada a 1°C. Una enfriadora eléctrica enfría a su vez el agua glicolada, que circula continuamente en un circuito cerrado entre ambos elementos. El condensador es un intercambiador de carcasa y tubos en disposición horizontal, donde el gas fluye por el interior de los tubos y el agua fría circula en contracorriente por la carcasa. La enfriadora es una máquina industrial compacta aire-agua para instalación exterior con refrigerante R410A.

En definitiva, la deshumidificación propuesta elimina la mayor parte del vapor de agua contenido en el biogás reportando importantes ventajas:

- Evita condensaciones en los elementos situados aguas abajo en las líneas de gas.
- Minimiza el bloqueo del proceso de adsorción en los filtros de carbón activo.
- Enfriando hasta 4°C permite atrapar en el condensado una importante fracción de siloxanos y otros compuestos perjudiciales. Esto reduce la carga contaminante a tratar por el carbón activo prolongando su vida útil.

Tras la etapa de deshumidificación el biogás es filtrado en carbón activo. Se disponen dos filtros con 1.104 litros de capacidad cada uno conectados en serie. El primero empleará carbón formulado para la adsorción de siloxanos, mientras el segundo empleará carbón activo dopado, diseñado específicamente para la fijación de H<sub>2</sub>S.

Los filtros están íntegramente construidos en acero inoxidable, con aislamiento térmico interior para prevenir condensaciones, y cuentan con los siguientes elementos:

- Tomas de entrada y salida con bridas DN150.
- Tapa de llenado y vaciado de carbón activo.
- Salida de condensados en acero inoxidable con válvula de bola.
- Conexiones para barrido con gas inerte y para toma de muestras a diferentes alturas, equipadas con válvulas de bola y conectores rápidos.
- Toma para conexión a tierra.

Los filtros se conectarán en serie, quedando en segundo lugar el que emplea carbón impregnado. Además, se dispone un by-pass con válvulas manuales que permitirá al biogás evitar su paso por cualquiera de los dos filtros si fuera preciso.

La baja presión de alimentación requerida por el equipo de cogeneración (15-50 mbar) permite emplear un ventilador centrífugo en lugar de las tradicionales soplantes de canal lateral. Se proyectan ventiladores centrífugos con motor antideflagrante EExd IIB T3. Este ventilador permite impulsar el biogás a una presión de 30-40 mbar, óptima para la entrada a la rampa de gas del motor, y resulta más sencillo, eficiente y fácil de regular que una soplante.



Adicionalmente, para reducir las concentraciones de H<sub>2</sub>S en el biogás a valores admisibles por el sistema de acondicionamiento descrito, se ha proyectado una dosificación de cloruro férrico en los digestores anaerobios. El sistema está formado por un depósito de PRFV para garantizar el almacenamiento del reactivo necesario durante al menos 15 días junto con 3(2+1R) bombas dosificadoras de membrana con caudal hasta 5 l/h. Este sistema se encontrará ubicado en la zona que alberga la nueva línea de fangos, y se ha diseñado conforme a la norma ITC-APQ-6 de almacenamiento de reactivos.

### 3.2.6. Línea de desodorización

Se proyecta la desodorización del pretratamiento, decantación primaria y línea de fangos.

Para ello se diseña una red de captación completa e individualizada por elementos, con un ventilador dimensionado para garantizar las 10 renovaciones horarias en cada depósito o edificio de fangos, 5 renovaciones horarias en los decantadores primarios, y 3 renovaciones horarias en el edificio de pretratamiento.

En el edificio de pretratamiento se han considerado los siguientes elementos para desodorizar:

- Edificio de pretratamiento
- Pozos de gruesos
- Canales de predesbaste de muy gruesos
- Cámara de bombeo
- Canales de reparto
- Canales de desbaste de gruesos y finos
- Canales desarenadores - desengrasadores

En la línea de tratamiento de fangos, los elementos considerados para la desodorización han sido los siguientes:

- Espesadores de gravedad
- Espesadores de flotación
- Depósito tampón
- Silos de fangos.

- Sala de deshidratación
- Sala de tamizado de fangos primarios
- Cámara de fangos mixtos

El edificio de pretratamiento se desodorizará mediante un sistema por biotrickling de capacidad 44.000 m<sup>3</sup>/h, al igual que cada par de decantadores primarios. El diseño de estos sistemas se ha particularizado según las cargas contaminantes esperadas en cada caso, y con un caudal unitario de 30.000 m<sup>3</sup>/h por sistema en el caso de los decantadores.

En los biofiltros percoladores “biotrickling”, el aire circula a través de un reactor empacado, y contracorriente con respecto a una fase acuosa que es pulverizada sobre el relleno. Los contaminantes son primero solubilizados en la fase líquida, y luego transferidos a la biopelícula que se forma sobre la superficie del relleno. La fase líquida, que es pulverizada en la zona superior de la torre, atraviesa la zona de contacto y posteriormente es recuperada en el fondo de la torre. De ahí es reconducida de nuevo a la zona superior por la bomba de recirculación. El líquido proporciona humedad, nutrientes, y permite controlar el pH y la concentración de productos inhibidores.

El relleno es un material sintético inerte que proporciona la superficie necesaria para la fijación de una biopelícula y para el contacto gas-líquido. Se caracteriza por su resistencia a la corrosión, capacidad de retención de agua, peso ligero, elevada área superficial y elevada porosidad.

La dosificación de nutrientes no es habitualmente necesaria después de la puesta en marcha cuando se utiliza el efluente final de la depuradora ya que normalmente contiene suficientes nutrientes para mantener la biomasa sin ningún suplemento.

Por su parte, la línea de fangos se desodorizará mediante un sistema vía carbón activo de capacidad 25.000 m<sup>3</sup>/h.

En todos los casos se diseña para obtener una reducción del 99% en las cargas de NH<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>S; y un 98% en el resto de contaminantes.

## 3.3. PROCESO CONSTRUCTIVO

### 3.3.1. Fases de construcción

La mayor complejidad de este anteproyecto reside en el hecho de que se trata de una obra de adecuación



y mejora de las instalaciones existentes de la ERAR de Valdebebas que se encuentran en funcionamiento, por lo que resulta fundamental adecuar la programación de las actividades de manera que interfieran lo mínimo posible en el funcionamiento de la E.R.A.R. actual. Por ello, se han diseñado unas instalaciones, y una secuencia de fases para su construcción, en las que las interferencias con el resto de instalaciones y con el normal funcionamiento de las líneas de agua y fangos sean mínimas, para que la calidad, tanto del efluente de la planta como de los fangos deshidratados, no se vea comprometida en ningún momento.

La ejecución de los diferentes trabajos a realizar se ha organizado en 6 Fases:

#### 3.3.1.1. FASE I: Preparación del entorno para la ejecución de las obras

El objeto de esta fase es la preparación del entorno para la ejecución de las obras.

Las obras de adecuación y mejora de la ERAR de Valdebebas requieren de una superficie superior a la disponible en la parcela donde se ubican las instalaciones actuales. Por ello, el Ayuntamiento de Madrid ha conseguido la parcela anexa para la ocupación de las nuevas instalaciones proyectadas.



Como puede observarse en la imagen, en dicha parcela se ubican una serie de servicios que han de ser modificados para poder liberar la totalidad de la superficie y poder ejecutar las obras.

Las principales actividades a realizar en esta Fase 1 son:

1. Trabajos forestales de tala, poda y desbroce de la parcela.
2. Modificación de los colectores entrada a la ERAR, Con el objeto de poder ejecutar en fases sucesivas el pretratamiento, decantación primaria y reactores biológicos, es preciso modificar el trazado del colector general de entrada, de la impulsión desde Paracuellos del Jarama, bordeando la parcela disponible, dejando espacio para la ejecución de los elementos de la nueva implantación. Además, actualmente acomete a la ERAR de Valdebebas un colector DN600 propiedad de Aena cuyo trazado debe ser adaptado a los requisitos de la nueva instalación pasando a verter a la nueva obra de llegada
3. Retranqueo del anillo de Media Tensión de Unión Fenosa: La acometida eléctrica de las instalaciones actuales se realiza mediante una derivación desde el cierre de un anillo de media tensión subterránea propiedad de Unión Fenosa. Para el correcto aprovechamiento de la superficie de parcela necesaria para la ejecución de las instalaciones, es preciso realizar un retranqueo de dicha línea y plantear la nueva acometida a las instalaciones futuras.
4. Ejecución de Centro de Seccionamiento, Centro de Reparto y primera parte del anillo interior de Media Tensión de las nuevas instalaciones proyectadas de la ERAR de Valdebebas. Tras la modificación del anillo de Media Tensión de Unión Fenosa, se debe establecer la nueva acometida a las obras de adecuación y mejora de la ERAR de Valdebebas, y garantizar el suministro eléctrico a las instalaciones existentes que deberá permanecer en funcionamiento durante la ejecución de las obras.
5. Ejecución de acceso provisional a las instalaciones de la ERAR: Se habilitará un nuevo acceso a las instalaciones para el personal y servicios de explotación de la estación existente. El acceso habitual de la planta se empleará para el acceso de maquinaria de ejecución de obra a la parcela de la ampliación de la planta, pues el nuevo colector de entrada, al discurrir sobre rasante y bordear la práctica totalidad de la parcela, no permite el acceso a la zona de obras por otro punto.

#### 3.3.1.2. FASE II: Ejecución parcial de la línea de agua proyectada

El objetivo de la fase 2 es el inicio de la construcción de la línea de agua de las nuevas instalaciones para su puesta en servicio y dar cumplimiento a los parámetros de vertido con eliminación de nutrientes lo antes posible con los caudales actuales de entrada a planta.

Las principales actividades a realizar en esta Fase 2 son:



1. Ejecución del edificio de pretratamiento: En el edificio de pretratamiento se encuentran todos los procesos iniciales del tratamiento de las aguas.
  2. Ejecución de la decantación primaria: se ejecutará en la parcela de ampliación de la ERAR la decantación primaria, así como las arquetas e instalaciones de servicio auxiliares: arqueta de reparto, vaciados y sobreanadantes; arqueta de medida de caudal y alivio de excesos a biológico.
  3. Ejecución de dos líneas del reactor biológico y edificio eléctrico y aireación: Con el objeto de poner en marcha lo antes posible la nueva línea de tratamiento, debido a las limitaciones de espacio y a la cercana presencia de la línea de fangos actual, únicamente se puede acometer la ejecución de dos de las líneas del reactor biológico proyectado. En la última fase de ejecución se completará la ejecución del reactor biológico. Las instalaciones eléctricas, de aireación y reactivos se ejecutarán en su totalidad.
  4. Ejecución del bypass general de planta: para dotar de seguridad a las obras en ejecución evitando indeseables desbordamientos, se deberá ejecutar con la mayor premura posible el nuevo bypass de planta. Se podrá estudiar también su ejecución en la fase anterior de obra.
  5. Conexión temporal de las dos nuevas líneas del Reactor Biológico con la Decantación Secundaria actual, y conexión de la recirculación externa desde los decantadores actuales con el nuevo reactor biológico: Una vez finalizados los trabajos de la nueva línea de agua, debido a la falta de espacio para finalizar la línea por completo, se debe emplear la decantación secundaria existente para la clarificación del caudal proveniente del nuevo reactor biológico ejecutado. Para ello se proyecta una conducción para la mitad de caudal medio de tratamiento que conecte ambas instalaciones. Del mismo modo, se deben reacondicionar las conducciones de recirculación fangos para derivarlas al nuevo reactor biológico.
  6. Conexión temporal de la purga de fangos de los decantadores primarios ejecutados con los espesadores de gravedad existentes. Cuando se ponga en marcha la nueva línea de agua que se ejecuta en esta fase, los fangos purgados de los decantares primarios deberán ser enviados a los espesadores de gravedad existentes, para ello se proyecta una conducción que conecta con las existentes en planta que conectan con los espesadores en funcionamiento.
  7. Conexión temporal de salida de decantación primaria ejecutada con el depósito de modulación para su conexión con el bombeo a la ERAR de Rejas: debido a que el caudal máximo que se pueden tratar en las nuevas instalaciones ejecutadas en esta fase es de 0,3 m<sup>3</sup>/s, el exceso de caudal de entrada deberá ser derivado a la ERAR de Rejas como se realiza en la actualidad. Para ello se proyecta una conducción desde la arqueta previa a la medida de caudal, y en la que también se pueden derivar los caudales al bypass general, hasta el depósito de modulación existente.
  8. Ejecución de los edificios de control, personal y taller.
  9. Ejecución de las instalaciones eléctricas y de control. Se debe prolongar el anillo de distribución en Media Tensión para conexión con el nuevo Centro de Transformación nº1, situado en el edificio de aireación del biológico, y que alimentará a los cuadros eléctricos asociados a los nuevos procesos de pretratamiento, decantación primaria y tratamiento secundario. En esta fase se acabará operando con dos centros de transformación: el nuevo nº1 para dar servicio a la nueva línea de agua, y el existente para continuar alimentando básicamente a los procesos de la línea de fangos existente y la decantación secundaria.
  10. Puesta en marcha de las instalaciones. Para acelerar la puesta en marcha de los dos nuevos reactores biológicos se procurará la siembra con licor mezcla procedente de los reactores existentes.
  11. Reubicación de depósito de gasoil y gasómetro de membrana, para liberar espacio necesario para la instalación de futuras líneas de tuberías
- 3.3.1.3. *FASE III: Primera etapa de demoliciones*
- El objetivo de la Fase 3 es la demolición de los procesos que han quedado fuera de servicio al haberse puesto en marcha las instalaciones de la nueva línea de agua en la Fase 2. De este modo, se liberará el espacio preciso para seguir con la ejecución de las instalaciones de la adecuación y mejora de la ERAR de Valdebebas.
- Las principales actividades a realizar en esta Fase 3 son:
1. Demolición del edificio de pretratamiento
  2. Demolición de los desarenadores y sistemas anexos
  3. Demolición de las edificaciones de taller, personal y control



4. Demolición de la decantación primaria
5. Demolición del reactor biológico.
6. Demolición de las galerías de servicio y desmontaje de conducciones que dan servicio a los procesos que han quedado fuera de servicio.

#### 3.3.1.4. FASE IV: Finalización de obras salvo 2 líneas de biológico

El objetivo de esta fase es la ejecución del resto de las instalaciones de adecuación y mejora de la ERAR para el caudal que está tratando actualmente la planta. Esta fase se divide en dos etapas. En la primera se ejecutarán la línea de fango y dos de los cuatro decantadores proyectados, los más alejados al canal de salida a decantación secundaria actual. Una vez construidos y puestos en servicio, se puedan dejar fuera de servicio los decantadores existentes y ejecutar, en la segunda etapa, los dos últimos decantadores proyectados.

Las principales actividades a realizar en esta Fase 4 son:

1. Ejecución de la línea de fango proyectada: en el espacio liberado por la demolición de los elementos existentes en la Fase 3, se procederá a la ejecución de las instalaciones al completo de la línea de fango.
2. Finalización de anillo media tensión interior de la planta, con conexión al nuevo Centro de Transformación nº2, situado en el nuevo edificio de fangos, y que dará servicio tanto a los procesos de fango como a los motogeneradores de nueva instalación.
3. Ejecución de dos decantadores secundarios proyectados, en el espacio libre dejado por la demolición de la decantación primaria y parte del reactor biológico existente.
4. Ejecución de la conducción de salida de los Reactores Biológicos construidos a la Decantación Secundaria proyectada. En este momento se ejecutará la conducción definitiva desde el canal de salida de las dos líneas del reactor biológico ejecutado hasta la arqueta de reparto a decantación secundaria, aprovechando el espacio libre dejado tras la reubicación del gasómetro de membrana y el depósito de gasoil existente.
5. Ejecución conducción de la purga de fango de la decantación primaria proyectada con el nuevo edificio de fangos proyectado. Esta conducción aprovechará parte de la conducción provisional

que se ejecutó para conectar la purga de fango primario con los espesadores existentes, en dicha línea se ejecutará una derivación que conecte con el tamizado de fangos primarios ejecutado en el nuevo edificio de fangos proyectado.

6. Ejecución conducciones Recirculación externa y Fangos en exceso. Partiendo desde la nueva arqueta de recirculación de fangos se ejecutarán las conducciones definitivas de recirculación de fangos hasta el reactor biológico proyectado siguiendo la traza marcada por la conducción de la línea de agua entre el reactor biológico y la arqueta de reparto.
7. Puesta en marcha de dos decantadores secundarios ejecutados: una vez ejecutadas las conexiones entre los distintos elementos de procesos de líneas de agua y fangos, así como la conducción de salida hasta la fuente de presentación, se procederá a introducir el caudal en los decantadores ejecutados.
8. Puesta en marcha de la línea de fango. Tras finalizar todas las labores de obra civil, instalación y pruebas de funcionamiento del equipamiento electromecánico y las conexiones precisas de las conducciones, se procederá a la puesta en marcha de las instalaciones de fango ejecutadas, de modo que las existentes dejen de estar en funcionamiento y pueda procederse a su demolición en la siguiente fase

Una vez puestos en marcha los dos primeros decantadores, se podrá proceder a la demolición del canal de salida del reactor biológico existente que hasta este momento realizaba la función de reparto de agua desde el reactor biológico proyectado a la decantación secundaria existente. Con la demolición de este canal, se habilita el espacio suficiente para la ejecución de los dos últimos decantadores secundarios.

9. Demolición canal de salida de Reactores Biológicos existentes
10. Ejecución de dos decantadores secundarios
11. Puesta en marcha de dos decantadores secundarios ejecutados

#### 3.3.1.5. FASE V: demolición de la línea de fango de la ERAR actual

El objetivo de esta fase es la demolición de la línea de fango actual de la ERAR de Valdebebas para habilitar el espacio necesario para la ejecución de las dos últimas líneas del reactor biológico proyectado y finalizar las obras de adecuación y mejora de la ERAR de Valdebebas

Las principales actividades a realizar en esta Fase 5 son:

1. Limpieza y demolición de los digestores existentes: previa a la demolición de los tres digestores anaerobios existentes se procederá a su vaciado y gestión del fango almacenado. Posteriormente se procederá al desmontaje de la instalación electromecánica y demolición del edificio de digestión.
2. Demolición del resto de la zona de fangos y acondicionamiento de la parcela cuya ubicación es cercana al ZEC.
3. Demolición de la decantación secundaria existente y recuperación paisajística de la zona al estar ubicada en el interior de ZEC
4. Acondicionamiento del laberinto de cloración, eliminando los muros intermedios y rehabilitando la estructura de hormigón.

#### 3.3.1.6. FASE VI: finalización de las obras

El objeto de la Fase 6 es la finalización de las obras de adecuación y mejora de la ERAR de Valdebebas, mediante la ejecución de las dos últimas líneas del reactor biológico.

Una vez liberado el espacio para su ejecución, se ejecutarán las instalaciones de las líneas 3 y 4 del reactor biológico y todas las conducciones de agua, fango y aire precisas para la finalización de la obra.

#### 3.3.2. Actividades principales

##### 3.3.2.1. Derribo de las construcciones

Puesto que será necesario demoler las estructuras y conducciones que queden en desuso, se tendrán en cuenta lo siguiente:

- Antes de iniciar la demolición se comprobarán las conducciones en desuso que todavía puedan estar conectadas a la EDAR existente, neutralizándolas, prestando principal atención a conducciones eléctricas enterradas.
- Las estructuras se demolerán, como mínimo, cincuenta centímetros por debajo de la cota de cimentación.
- La demolición con máquina excavadora, únicamente será admisible en construcciones, o

parte de ellas, de inferior al alcance de la cuchara. Se prohíbe el derribo por empuje de edificaciones de altura superior a tres metros y medio.

- En caso de que los equipos se encuentren en su ubicación original, sin haber sido desmontados, se demolerán con la estructura para ser separados durante la gestión de los residuos.

##### 3.3.2.2. Operaciones de demolición y retirada de tuberías con fibrocemento

Como se ha comentado anteriormente, en lo referente a la demolición y retirada de colectores, es necesario contemplar la ejecución de trabajos con riesgo de exposición al amianto.

Para ello, se atenderá siempre a lo dispuesto en el RD 396/2006, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con exposición al amianto, las Notas Técnicas de Prevención NTP 796, 815 y 862, así como en la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto, elaborada por el INSHT.

##### 3.3.2.3. Vaciado, limpieza, e inertización de los digestores existentes

De forma resumida, las labores de vaciado, limpieza e inertización de los digestores consistirán en:

- Reconocimiento visual del estado interior de los digestores mediante cámara de visualización, para evitar riesgos por trabajos confinados con alta producción de gases.
- Vaciado y limpieza con camión cuba de alta presión o medios portátiles equivalentes.
- Reparación y tratamiento de estanqueidad, protección e impermeabilización

##### 3.3.2.4. Tratamientos de estanqueidad y protección de los nuevos digestores

Se realizarán las labores de tratamiento de estanqueidad al gas en cúpula y el tratamiento de protección e impermeabilización de cilindros y soleras, mediante resina de poliuretano.

##### 3.3.2.5. Diseño de excavaciones y cimentaciones

Dadas las características del terreno donde se cimentarán las obras, será necesario tener en cuenta procedimiento de excavación particularizados para cada elemento:

- Elementos por encima del nivel freático: La excavación de estos elementos se realizará con maquinaria convencional, con taludes 3H:1V y realizando una sobreexcavación de al menos 50cm bajo la cota de apoyo y sustituyendo dicho terreno por material granular de aporte.



- Elementos por debajo del nivel freático: Será necesario el uso de tablestacado con agotamiento dentro y fuera del recinto, de tal forma que se ejecuten todos los trabajos en condiciones de seguridad y estanqueidad. Se realizará igualmente una sobreexcavación de al menos 50cm para sustitución del terreno natural por material granular compactado.
- En aquellos elementos (digestores principalmente) que la carga transmitida al terreno supere la tensión máxima del terreno o el asiento admisible, será utilizarán pilotes para transmitir la carga a la capa resistente.

## 4. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

### 4.1. DATOS DE PARTIDA

A continuación, se incluyen los datos de partida para el cálculo de la línea de agua de la estación depuradora:

	INVIERNO			VERANO			
	Q medio	Q punta	Q máx.	Q medio	Q punta	Q máx.	
<b>Caudales de entrada</b>							
Colector Valdebebas:	45.907,2	68.860,8	261.964,8	45.907,2	68.860,8	261.964,8	m3/día
	1.912,8	2.869,2	10.915,2	1.912,8	2.869,2	10.915,2	m3/h
	531,3	797,0	3.032,0	531,3	797,0	3.032,0	l/s
Impulsiones Paracuellos:	4.492,8	6.739,2	40.435,2	4.492,8	6.739,2	40.435,2	m3/día
	187,2	280,8	1.684,8	187,2	280,8	1.684,8	m3/h
	52,0	78,0	468,0	52,0	78,0	468,0	l/s
<b>Caudales de retornos:</b>							
Retornos procedentes del espesamiento de fangos primarios:	418,2	418,2	418,2	414,3	414,3	414,3	m3/día
	17,4	17,4	17,4	17,3	17,3	17,3	m3/h
	4,84	4,84	4,84	4,79	4,79	4,79	l/s
Retornos procedentes del espesamiento de fangos secundarios:	1.683,1	1.683,1	1.683,1	1.307,7	1.307,7	1.307,7	m3/día
	70,1	70,1	70,1	54,5	54,5	54,5	m3/h
	19,48	19,48	19,48	15,14	15,14	15,14	l/s
Caudal de diseño de retornos a cabecera:	2.101,4	2.101,4	2.101,4	1.722,0	1.722,0	1.722,0	m3/día
	87,6	87,6	87,6	71,7	71,7	71,7	m3/h
	24,32	24,32	24,32	19,93	19,93	19,93	l/s
Retornos procedentes del tratamiento de escurridos:	398,3	398,3	398,3	337,4	337,4	337,4	m3/día
	16,6	16,6	16,6	14,1	14,1	14,1	m3/h
	4,61	4,61	4,61	3,90	3,90	3,90	l/s
<b>Caudales a tratar</b>							
Caudal en pretratamiento:	52.501	77.701	304.501	52.122	77.322	304.122	m3/día
	2.187,6	3.237,6	12.687,6	2.171,7	3.221,7	12.671,7	m3/h
	607,7	899,3	3.524,3	603,3	894,9	3.519,9	l/s
Caudal en tratamiento primario:	52.501	77.701	151.200	52.122	77.322	151.200	m3/día
	2.187,6	3.237,6	6.300,0	2.171,7	3.221,7	6.300,0	m3/h
	607,7	899,3	1.750,0	603,3	894,9	1.750,0	l/s
Caudal en tratamiento biológico:	52.900	78.100	78.100	52.459	77.659	77.659	m3/día
	2.204,2	3.254,2	3.254,2	2.185,8	3.235,8	3.235,8	m3/h
	612,3	903,9	903,9	607,2	898,8	898,8	l/s



#### 4.2. RESULTADOS OBTENIDOS

La línea piezométrica obtenida se muestra a continuación:

Cota de lámina en arqueta de reunión de caudales:	572,27	572,38	572,38	572,26	572,38	572,38	m
Cota de lámina en depósito de agua tratada:	572,20	572,25	572,25	572,20	572,25	572,25	m
Cota de lámina en salida de depósito:	571,61	571,92	571,92	571,61	571,91	571,91	m
Cota de lámina en pozo de conexión:	569,77	569,86	570,46	569,77	569,86	570,45	m
Cota de lámina en descarga colector de salida:	569,53	569,62	570,22	569,53	569,62	570,21	m

COTAS PIEZOMÉTRICAS	INVIERNO			VERANO			m
	Q medio	Q punta	Q máx.	Q medio	Q punta	Q máx.	
Cota de lámina en pozo de conexión:	574,38	574,49	575,19	574,38	574,49	575,19	m
Cota de lámina en descarga a obra de llegada:	574,21	574,31	575,02	574,21	574,31	575,02	m
Cota de lámina en obra de llegada:	571,74	572,30	574,24	571,74	572,30	574,24	m
Cota de lámina en pozo de gruesos:	571,74	572,29	574,08	571,74	572,29	574,08	m
Cota de lámina en reparto a canales de desbaste de gruesos:	571,73	572,28	573,93	571,73	572,28	573,92	m
Cota de lámina en canal previo a desbaste de gruesos:	571,72	572,27	573,91	571,72	572,26	573,91	m
Cota de lámina en canal tras desbaste de gruesos:	571,65	572,17	573,79	571,65	572,17	573,79	m
Cota de lámina en canal de reparto a cámaras de bombeo:	571,65	572,17	573,79	571,65	572,17	573,79	m
Cota de lámina en cámara de bombeo:	571,63	572,13	573,63	571,63	572,13	573,63	m
Cota de lámina en reparto a canales de desbaste de medios:	578,01	577,90	578,36	578,00	577,89	578,36	m
Cota de lámina en canal previo a desbaste de medios:	578,00	577,89	578,36	578,00	577,89	578,35	m
Cota de lámina en canal tras desbaste de medios:	577,93	577,85	578,26	577,93	577,85	578,26	m
Cota de lámina en canal previo a desbaste de finos:	577,93	577,85	578,26	577,93	577,85	578,26	m
Cota de lámina en canal tras desbaste de finos:	577,58	577,63	577,80	577,58	577,63	577,80	m
Cota de lámina en canal de reparto a desarenado - desengrasado:	577,58	577,63	577,80	577,58	577,63	577,80	m
Cota de lámina en desarenador - desnatador:	577,57	577,60	577,70	577,57	577,60	577,70	m
Cota de lámina en salida desarenador - desnatador:	577,57	577,60	577,69	577,57	577,60	577,69	m
Cota de lámina en canal de salida de pretratamiento:	576,47	576,60	577,36	576,47	576,60	577,36	m
Cota de lámina en arqueta de reparto a decantación primaria:	576,40	576,44	576,54	576,39	576,44	576,54	m
Cota de lámina en salida a decantador primario:	575,87	575,92	576,16	575,87	575,92	576,16	m
Cota de lámina en decantadores primarios:	575,84	575,84	575,86	575,84	575,84	575,86	m
Cota de lámina máxima en canal de recogida decantador primario:	575,60	575,63	575,71	575,60	575,63	575,71	m
Cota de lámina en salida decantador primario:	574,24	574,58	575,31	574,23	574,58	575,31	m
Cota de lámina en arqueta de salida decantador primario 1:	574,24	574,58	575,31	574,23	574,58	575,31	m
Cota de lámina en arqueta de salida decantador primario 2:	574,22	574,54	575,15	574,21	574,54	575,15	m
Cota de lámina en arqueta de reunión de caudales:	574,20	574,50	575,00	574,20	574,50	575,00	m
Cota de lámina en arqueta de alivio de excesos a biológico:	574,17	574,45	574,79	574,17	574,44	574,79	m
Cota de lámina en entrada a reactor:	573,76	573,78	573,78	573,76	573,78	573,78	m
Cota de lámina en cámara anaeróbica 1:	573,75	573,76	573,76	573,75	573,76	573,76	m
Cota de lámina en cámara anaeróbica 2:	573,75	573,76	573,76	573,75	573,76	573,76	m
Cota de lámina en cámara anóxica 1:	573,75	573,76	573,76	573,75	573,76	573,76	m
Cota de lámina en cámara anóxica 2:	573,75	573,76	573,76	573,75	573,76	573,76	m
Cota de lámina en cámaras óxicas 1 y 2:	573,75	573,76	573,76	573,75	573,76	573,76	m
Cota de lámina en salida reactor biológico:	573,75	573,75	573,75	573,75	573,75	573,75	m
Cota de lámina en canal de salida de reactores biológicos:	573,49	573,60	573,60	573,48	573,60	573,60	m
Cota de lámina en arqueta de reparto a decantación secundaria:	573,31	573,34	573,34	573,31	573,34	573,34	m
Cota de lámina en salida a decantador secundario:	572,94	573,03	573,03	572,94	573,03	573,03	m
Cota de lámina en decantadores secundarios:	572,78	572,79	572,79	572,78	572,79	572,79	m
Cota de lámina máxima en canal de recogida decantador secundario:	572,45	572,64	572,64	572,45	572,64	572,64	m
Cota de lámina en arqueta de salida decantador secundario 1:	572,38	572,63	572,63	572,38	572,63	572,63	m
Cota de lámina en arqueta de salida decantador secundario 2:	572,30	572,45	572,45	572,29	572,45	572,45	m



## 5. CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS

Se muestran a continuación las consideraciones planteadas en el presente documento, basadas en la campaña geológico-geotécnica realizada por la empresa GEOPROVI, Geotecnia y Sondeos, S.L. en abril de 2020.

### 5.1. ESTRATIGRAFÍA

#### - Nivel 0. Relleno antrópico y suelos blandos aluviales:

Franja de terreno más superficial, formada por la capa de rellenos antrópicos y el nivel de suelos blandos, que pudieran ser materiales retrabajados por el movimiento de tierras.

Presenta en general un grado de compacidad muy bajo y, en conjunto, un espesor de entre 2,80 y 5,00 m, con media inferior a 3 m de espesor. Deben ser eliminados totalmente de las zonas de cimentación y urbanización o bien sustituirlo por terreno granular compactado en un espesor suficiente.

#### - Nivel 1. Gravas. Terrazas. Cuaternario:

Localizado inmediatamente por debajo del nivel anterior, su espesor fluctúa desde los 2,00 m hasta los 3,50 m, pero no se llega a detectar en la zona de P-2.

Se corresponde con depósitos de la ribera y de la Terraza Cuaternaria de la zona y están compuestos por una mezcla de gravas silíceas subredondeadas y arenas más o menos arcillosas versicolores.

Es en este nivel es donde se desarrolla el Nivel freático por ser permeable, funcionando como un acuífero abierto teniendo como base o muro impermeable la Unidad 2.

#### - Nivel 2. Arcillas:

Localizado por debajo del nivel anterior, su aparición no es homogénea y se detecta a distintas profundidades y cotas. Se localizan a partir de 5,40 m (S- 4) y en la zona de P-4 a partir de los 8,40 m de profundidad.

Se corresponde con los depósitos terciarios de la zona y están compuestos por una mezcla de sedimentos lutíticos; arcillas y limos de color marrón anaranjado claro con intercalaciones de tramos de Arcillas sepiolíticas rosadas y blanquecinas. Los límites son difusos tanto en la horizontal como en profundidad.

Su espesor detectado es mayor de 12 metros y probablemente sea de decenas de metros a juzgar por los

datos cartográficos.

### 5.2. NIVEL FREÁTICO

La cota del **nivel freático** se sitúa de media a 569,78 m.

Es probable que en momentos de lluvias intensas que conlleven avenidas, el nivel freático pueda llegar a subir considerablemente.

### 5.3. CAPACIDAD DEL TERRENO Y PROPUESTA DE CIMENTACIONES

La Unidad 0 dadas sus características heterogéneas y caóticas, debe ser retirada del apoyo de cimentaciones directas o bien sustituida con terreno granular grueso tipo zahorra natural o artificial en un espesor tal que permita acomodar el asiento de las cimentaciones con su carga de servicio.

La Unidad 1 de Gravas aluviales no está presente en toda la parcela, dada la génesis de este tipo de depósitos fluviales, pero en el resto de zonas sí parece estar presente, aunque con características resistentes de baja capacidad portante.

La Unidad 2 presenta en el tramo más somero, debido al grado de alteración por contacto con el agua que discurre por las gravas cuaternarias, desaconseja el apoyo directo de cimentaciones. En la zona no alterada, situada en torno a los 10 m de profundidad, puede tener un mejor comportamiento y una capacidad portante mayor por lo que puede establecerse el apoyo de cimentaciones profundas.

Por tanto, se realizarán cimentaciones directas mediante losas para los elementos mayores y para los elementos menores zapatas corridas o aisladas, previa sustitución del terreno bajo la cimentación compuesto por terreno granular compactado y comprobación de que no sobrepasan el asiento máximo permitido.

Para los elementos que sobrepasen la capacidad portante, serán necesario realizar cimentaciones profundas por pilotaje.

### 5.4. AGRESIVIDAD

Los terrenos y el agua freática presentan nula agresividad, por lo que no será necesario contemplar consideraciones adicionales.



## 5.5. TALUDES DE EXCAVACIÓN Y CONTENCIIONES

El informe realiza un cálculo de estabilidad para Taludes de excavación, dando como resultado un valor de 18º-19º para las excavaciones provisionales a corto plazo. Para los taludes provisionales de excavación se recomienda tenderlos al 3H:1V.

Ante este ángulo tan tendido se recomienda realizar las excavaciones con sostenimientos previos.

## 5.6. EXCAVABILIDAD Y APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES

### 5.6.1. Excavabilidad

Los terrenos serán excavables con maquinaria convencional, si bien tanto la Unidad 0 como la Unidad 2, por sus pueden presentar zonas que obliguen a precisar el uso de martillos picadores (restos de derribo en la UG-0 e intercalaciones de sílex muy duro y abrasivo en la UG-2).

### 5.6.2. Aprovechamiento de los materiales

A continuación, se caracterizan los suelos utilizados basándose en el PG3:

	Aptitud en compactación C.B.R.		Clasificación
Formación o Litotipo / Unidad geotécnica.	Clasificación cualitativa Según Índice C.B.R.	Uso / Empleo	PG3
R-QAL-SC/ UG-0	Mala	Subrasante	<b>Marginal</b>
QAL-G/UG-1	Buena	Subbase	<b>Tolerable</b> No alcanza la categoría de suelo Adecuado por contenido en sales
TC / UG-2	-	-	<b>Tolerable</b>
TC / UG-2	-	-	<b>Marginal</b> En algunas muestras por expansividad o hinchamiento

## 6. CÁLCULOS ESTRUCTURALES

El Anteproyecto recoge el predimensionamiento estructural de los elementos principales del proyecto, donde se detallan los datos de partida referentes a la geometría, geotecnia, materiales (características mecánicas), acciones e hipótesis de carga y las justificaciones de dimensiones, tipología de cimentación, espesores de hormigón y cuantías de acero.

### 6.1. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

#### 6.1.1. Estructuras de contención y elementos enterrados

Para el cálculo de los esfuerzos de cálculo (ELU) y servicio (ELS) en los alzados y cimentación, se han adoptado los siguientes esquemas de cálculo (hipótesis de carga):

Depósito lleno de agua en su interior sin la colaboración de las tierras del trasdós de los muros del depósito.

Depósito vacío sometido a la acción exterior del terreno, teniendo en cuenta únicamente los esfuerzos producidos por el empuje de las tierras, aguas freáticas a nivel máximo y sobrecargas de tráfico.

##### 6.1.1.1. Flotación

Se determina la estabilidad a flotación desde la cota máxima registrada en el estudio geotécnico realizado. El equilibrio de la fundación frente a la flotación queda verificado, si para las situaciones de dimensionado pertinentes se cumple la condición:

$$\gamma \cdot Ed,dst \leq Ed,stb$$

donde:

Ed,dst el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras.

Ed,stb el valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.

y coeficiente de mayoración de las fuerzas desestabilizadoras (1.15).

#### 6.1.2. Edificaciones

Los edificios proyectados se calcularán conforme a las cargas indicadas en las normas y reglamentos de referencia para este tipo de estructuras, considerando además de las sobrecargas transmitidas por los

equipos instalados.

## 6.2. CARGAS CONSIDERADAS

### 6.2.1. Cargas permanentes y cargas muertas

A continuación, se muestra una tabla resumen que incluye el peso de las cargas muertas y permanentes que gravitan sobre los elementos que conforman las estructuras de la obra.

Elemento	Peso	Valor
Hormigón armado	25,00	kN/m <sup>3</sup>
Hormigón en masa	23,00	kN/m <sup>3</sup>
Hormigones ligeros	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Acero	78,50	kN/m <sup>3</sup>
Bloque hueco hormigón	2,50	kN/m <sup>2</sup>
Panel cerramiento prefabricado de hormigón	2,50	kN/m <sup>2</sup>
Tabiquería interna	1,00	kN/m <sup>2</sup>
Solado	1,00	kN/m <sup>2</sup>

### 6.2.2. Cargas vivas

De forma generalizada, se considerarán las siguientes cargas vivas:

Carga	Valor
Peso específico Agua	10 kN/m <sup>3</sup>
Peso específico Terreno	20 kN/m <sup>3</sup>
Sobrecarga de tráfico	10 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga de uso (peatonal)	3 kN/m <sup>2</sup>
Sobrecarga de equipos	5 kN/m <sup>2</sup>

### 6.2.3. Sismicidad

Las construcciones que componen el presente Proyecto son consideradas como de importancia normal según el apartado 1.2.2 de la Normal.

Tal y como indica el apartado 1.2.3 de NCSE-02 al encontrarse la parcela de estudio dentro de la zona del mapa de peligrosidad sísmica, con aceleración sísmica básica inferior a  $0,04 \cdot g$ , no es obligatorio aplicar la

norma (cálculo elementos constructivos para la acción sísmica, reglas de proyecto y prescripciones constructivas).

### 6.2.4. Viento

Se tendrá en cuenta la acción del viento sobre los diferentes elementos calculados, salvo sobre los elementos enterrados en los que la mayor parte de sus paramentos no se encuentren expuestos (< 90%).

La presión dinámica del viento se obtendrá conforme al Anexo D del CTE-DB-SE-AE.

### 6.2.5. Nieve

Puesto que la altitud del municipio de Madrid es de 660m, la Sobrecarga de Nieve a considerar según CTE-DB-SE-AE, conforme a la Zona a la que pertenece, será de 0,6 kN/m<sup>2</sup>.

### 6.2.6. Acción Térmica

Debido a que las dimensiones máximas de los elementos, o la separación entre juntas de dilatación, no superan los 40 m de longitud no se tienen en cuenta las tensiones que se producen en las estructuras debidas a la variación de la temperatura.

## 6.3. MATERIALES UTILIZADOS

### 6.3.1. Hormigón

Se muestra a continuación un resumen de los hormigones a utilizar en los elementos estructurales según EHE-08:

CUADRO DE MATERIALES SEGÚN EHE-08				
HORMIGÓN ARMADO				
ELEMENTO	TIPIFICACIÓN	$\gamma_c$	ACERO	$\gamma_s$
Elementos en contacto con agua	HA-30/B/20/IV+Qb	1,5	B500S	1,15
Digestores anaerobios	HA-35/B/20/IV+Qc	1,5	B500S	1,15
Elementos sin contacto con agua	HA-25/B/20/Ila	1,5	B500S	1,15

### 6.3.2. Acero estructural

El acero estructural se ejecutará según lo prescrito en la EAE-11 y el DB SE-A del CTE:



CUADRO DE MATERIALES SEGÚN EAE-11 Y DB SE-A						
ACERO ESTRUCTURAL						
Elemento	Acero	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)	γ <sub>M0</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>
Perfiles	S275JR	275	410	1,05	1,05	1,25

## 7. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

### 7.1. ACOMETIDA ELÉCTRICA EN MEDIA TENSIÓN

Actualmente la planta cuenta con una acometida en 45kV a 50 Hz de Unión Fenosa Distribución (UFD) con una potencia contratada de 550kW. Se trata de una línea aérea de alta tensión, que, tras un apoyo de paso aéreo-subterráneo, acomete mediante una línea subterránea de media tensión bajo tubo a la subestación eléctrica actual de la planta.

Según los datos proporcionados por Inkolan, existe un anillo subterráneo de media tensión de 45kV que es el que da suministro actual a la planta, tras un apoyo de paso subterráneo-aéreo, un apoyo de alineación y el ya citado apoyo de paso aéreo-subterráneo.

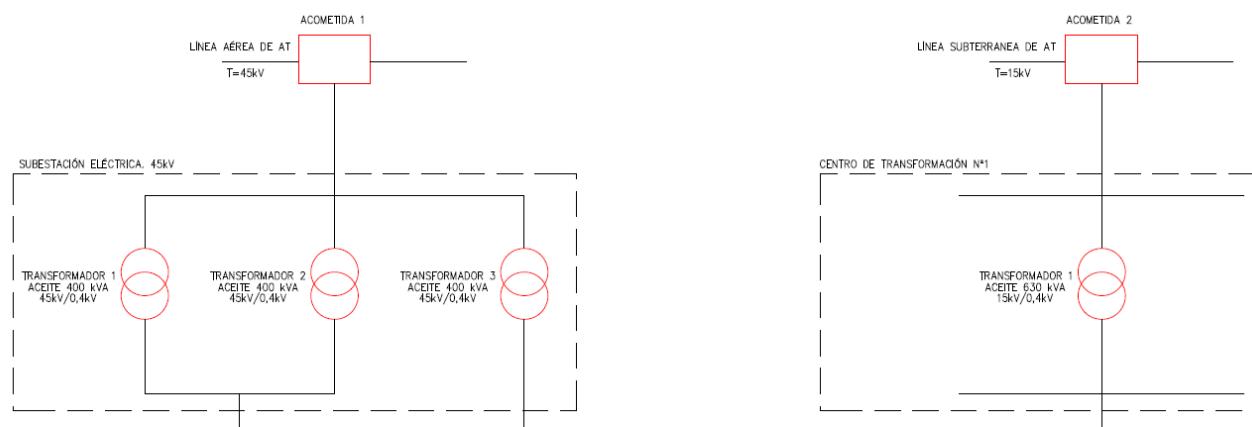
Se ha solicitado información a UFD sobre la necesidad de modificar la acometida actual por encontrarse en la zona proyectada para la planta objeto de este anteproyecto y sobre el aumento de potencia derivado de las nuevas instalaciones. A fecha actual se ha recibido la comunicación de apertura de expediente por parte de UFD (Solicitud nº: EXP918120070195), pero no se han recibido las nuevas condiciones técnicas de conexión, ni la afección a la acometida actual.

Respecto a la acometida, se prevé la retirada del tramo del anillo de 45kV afectado por las obras para que se cierre en el nuevo Centro de Seccionamiento que se situará al borde la parcela con acceso desde vía pública.

### 7.2. CENTROS DE SECCIONAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN

La planta depuradora cuenta actualmente con un único Centro de Transformación, instalado en un edificio eléctrico situado en la zona de fangos, junto a las instalaciones de recuperación energética. Este C.T. dispone de tres transformadores en aceite de capacidad unitaria 400 KVA, y relación de transformación 45/0,40 kV. Los dos primeros fueron instalados en la Fase I, y el tercero de ellos fue añadido con la ejecución de la Fase II. Los elementos principales de este C.T. cuenta con una antigüedad superior a los 30 años. Además, la potencia total suministrada resulta insuficiente para las nuevas necesidades previstas.

Adicionalmente, existe un segundo Centro de Transformación con acometida subterránea independiente a 15 kV, según se muestra en el siguiente esquema unifilar general, que también incluye el mencionado C.T. principal de 45 kV:



Este C.T. cuenta únicamente con un solo transformador en aceite, de relación 15/0,40 kV y capacidad 630 KVA, que da servicio exclusivo al bombeo de emergencia a Rejas. Se trata de un centro prefabricado, situado junto al camino de acceso a la planta.

El C.T. principal existente será sustituido por una nueva red de centros en anillo, acordes a las nuevas necesidades previstas y acondicionados a las normas de la Compañía Distribuidora UNIÓN FENOSA. En cambio, el C.T. correspondiente al bombeo de emergencia a Rejas permanecerá en servicio.

En el diseño del nuevo Centro de Seccionamiento se cumplirá con el Real Decreto 900/2015, imprescindible para poder integrar en el sistema el Centro de Transformación Elevador correspondiente a la cogeneración de nueva instalación.

El Centro de Seccionamiento de Compañía se aloja en una envolvente monoblock de hormigón, de instalación en superficie y maniobra exterior. Se trata de celdas normalizadas por UFD de tensión nominal 45 kV, intensidad de corta duración (1 s) 31,5 kA e intensidad nominal 630 A, con aislamiento integral en SF6 e interruptor automático de corte en vacío. En cuanto a la apertura, incluye

- Celda compacta RMU de 3 funciones de línea.
- Una celda de medida bidireccional para la facturación de energía y comprobación de que se cumple el vertido cero.
- Celda de protección de salida al Centro de Distribución de cliente (punto frontera).

El Centro incluye también un Armario de Telecontrol completo y todos los relés, toroidales y contactos libres de tensión requeridos por la Compañía para garantizar el autoconsumo sin vertidos a la red. Se situará junto a la valla con acceso desde vía pública y contará con puerta peatonal para acceso de

compañía al compartimento de los contadores.

Desde este centro se proyecta una línea subterránea de media tensión de unos 6 m de longitud mediante 4 cables (uno de ellos de reserva) con denominación RHZ1-RA+2OL (S) 26/45 KV 1x400 mm<sup>2</sup> Al normalizado por UFD, bajo 2 tubos, uno de ellos de reserva, hasta el nuevo Centro de Distribución, desde el que se acometerá al nuevo Centro de Transformación nº1 propuesto en el edificio de aireación del reactor biológico, al nuevo Centro de Transformación nº2 proyectado en la nueva zona de fangos, y al Centro de Transformación Elevador asociado a la nueva cogeneración e instalado junto al C.T. nº2.

El Centro de Distribución es el punto de partida del anillo de media tensión que une los Centros de Transformación de los que cuenta la planta. En su interior se dispondrán las siguientes celdas, siendo todas ellas de corte y aislamiento integral en SF6, y de tensión nominal 45kV, Intensidad nominal 630A e intensidad de corta duración (1 s) eficaz 31,5kA:

- Celda de línea motorizada de llegada del Centro de Seccionamiento.
- Dos Celdas de protección motorizadas de salida al anillo de media tensión.

Las acometidas a los nuevos Centros de Transformación serán subterráneas. En el diseño de los trazados ha primado la sencillez para evitar interferencias con las instalaciones existentes. Estas conexiones se ejecutarán con zanjas y arquetas normalizadas. El cableado en Media Tensión utilizado será RHZ1-RA+2OL (S) 26/45 KV 1x400 mm<sup>2</sup> Al normalizado por UFD, y se instalará un cuarto conductor en reserva en cada una de las acometidas.

Por su parte, el nuevo C.T. nº1 se instalará en una sala eléctrica del nuevo edificio de aireación del reactor biológico, en cuyo interior se dispondrán dos celdas de protección de interruptor automático del anillo de media tensión con mando motorizado, tres celdas de protección de transformador de interruptor automático de mando motorizado, y tres transformadores de potencia unitaria 1.000 KVA con los que dar suministro a la nueva línea de agua.

El diseño del C.T. nº2 sigue las mismas directrices que el C.T. nº1, con el mismo tipo de equipamiento, aunque solamente contará con dos transformadores, uno de ellos en reserva, de capacidad unitaria 630 KVA, suficientes para alimentar a la nueva línea de fangos.

Anexo al C.T. nº2 se ejecutará el C.T. Elevador de tensión de la energía correspondiente a la cogeneración, y estará equipado con un único transformador de capacidad 800 KVA y relación de tensión 0,42/45 kV, suficiente para los dos motogeneradores de potencia eléctrica unitaria 330 kWe. A continuación de la



celda de protección del transformador elevador habrá una celda de remonte de cables y una celda de medida para medición de la energía aportada por los motogeneradores. Las celdas de remonte y medida serán de características similares a las descritas para los otros C.T.

La justificación de la potencia adoptada para los nuevos centros se puede consultar en el anexo de predimensionamiento eléctrico. Para el dimensionamiento de los transformadores, y con objeto de prever la sobrecarga por armónicos, la potencia de las cargas con variadores de frecuencia, así como la potencia de las lámparas de descarga, se ha incrementado en un 18% en el cómputo de la máxima potencia simultánea.

El siguiente cuadro resume la distribución de las cargas eléctricas por cuadros eléctricos y Centros de Transformación:

POTENCIA DE TRANSFORMACIÓN NECESARIA		DISEÑO	
	C.T. Nº1	kW	KVA
<b>CCM-1.A (Bombeo)</b>	Potencia eléctrica total simultánea absorbida	349,07	371,25
	Potencia eléctrica total simultánea absorbida (+18% equipos VF)	406,97	
<b>CCM-1.B (Pret. + D1)</b>	Potencia eléctrica total simultánea absorbida	233,46	260,45
	Potencia eléctrica total simultánea absorbida (+18% equipos VF)	259,65	
<b>CCM-2.A (T2)</b>	Potencia eléctrica total simultánea absorbida	395,92	429,46
	Potencia eléctrica total simultánea absorbida (+18% equipos VF)	449,37	
<b>CCM-2.B (Aireación)</b>	Potencia eléctrica total simultánea absorbida	773,31	817,62
	Potencia eléctrica total simultánea absorbida (+18% equipos VF)	909,46	
<b>CGA-1</b>	Potencia eléctrica total simultánea absorbida	81,14	94,04
	Potencia eléctrica total simultánea absorbida (+18% equipos VF)	81,14	
<b>C.T. Nº1</b>	Potencia eléctrica total simultánea absorbida	<b>1.832,89</b>	<b>1.972,82</b>
	Potencia eléctrica total simultánea absorbida (+18% equipos VF)	<b>2.106,58</b>	<b>2.267,40</b>
	Factor de potencia global por cálculo	<b>0,93</b>	
C.T. Nº2		kW	KVA
<b>CCM-3.A (Esp. y Desh.)</b>	Potencia eléctrica total simultánea absorbida	187,52	218,76
	Potencia eléctrica total simultánea absorbida (+18% equipos VF)	199,33	
<b>CCM-3.B (Digestión)</b>	Potencia eléctrica total simultánea absorbida	197,53	219,72
	Potencia eléctrica total simultánea absorbida (+18% equipos VF)	218,56	
<b>CGA-2</b>	Potencia eléctrica total simultánea absorbida	28,93	33,70
	Potencia eléctrica total simultánea absorbida (+18% equipos VF)	28,93	
<b>C.T. Nº2</b>	Potencia eléctrica total simultánea absorbida	<b>413,98</b>	<b>472,18</b>
	Potencia eléctrica total simultánea absorbida (+18% equipos VF)	<b>446,81</b>	<b>509,63</b>
	Factor de potencia global por cálculo	<b>0,88</b>	

### 7.3. CUADROS ELÉCTRICOS

Todos los cuadros existentes en la planta son de ejecución fija, con una antigüedad superior a los 15 años, y difícilmente aprovechables, por lo que se proyecta su retirada y sustitución por una instalación totalmente nueva. Los únicos cuadros que se mantendrán serán los asociados al bombeo a la EDAR de Rejas, constituidos por un Cuadro General de Distribución y un CCM, situados en el edificio que alberga el bombeo.

La nueva instalación de cuadros eléctricos se describe a continuación.

En cada nuevo Centro de Transformación, las salidas en baja tensión de los transformadores acometerán a un Cuadro General de Distribución, siempre situado en una sala eléctrica anexa, y desde el que alimentarán a los nuevos Centros de Control de Motores. De esta manera se configura una instalación en Baja Tensión totalmente independiente de la existente, lo cual facilitará la ejecución de las obras y anulará las posibles interferencias.

Cada nuevo C.G.D. tendrá varias entradas de alimentación (tantas como transformadores lo alimenten, más una adicional desde un eventual grupo electrógeno móvil) que se montarán en los extremos del cuadro. Los interruptores de estas entradas estarán enclavados eléctricamente con las celdas de media tensión de protección de los transformadores, de manera que ante la apertura del interruptor de media tensión a ante un defecto en la celda, se enviará a través de un contacto libre de potencial una señal a la bobina de apertura del correspondiente interruptor de baja tensión, a través de relés y juegos de contactos. Además, se procurará un enclavamiento mecánico de cada interruptor de acometida del transformador con su celda de protección correspondiente; así como los enclavamientos mecánicos por cerradura de los interruptores de acometida de los transformadores con el interruptor de acometida del grupo electrógeno, que impida el cierre del interruptor del grupo cuando esté cerrado alguno de los de acometida de los transformadores.

El cálculo de la corriente de cortocircuito y efectos electrodinámicos de los embarrados e interruptores automáticos se ha realizado teniendo en cuenta la potencia total de los transformadores instalados, incluido el de reserva en cada caso.

Bajo estas premisas, la aparamenta del nuevo C.G.D.-1 se compondrá principalmente de:

- Tres (3) interruptores de entrada de IV x 1.600 A y poder de corte 50 kA para las acometidas



desde los transformadores.

- Un (1) interruptor de entrada de IV x 3.200 A y 50 kA para la acometida de emergencia desde un grupo electrógeno móvil.
- Un (1) interruptor de salida de IV x 630 A y 65 kA, para alimentar al nuevo CCM-1.A de Bombeo de Agua Bruta.
- Un (1) interruptor de salida de IV x 400 A y 65 kA, para alimentar al nuevo CCM-1.B de Pretratamiento y Tratamiento Primario.
- Un (1) interruptor de salida de IV x 800 A y 65 kA, para alimentar al nuevo CCM-2.A de Tratamiento Secundario.
- Un (1) interruptor de salida de IV x 1.250 A y 65 kA, para alimentar al nuevo CCM-2.B de Aireación.
- Un (1) interruptor de salida de III x 1.600 A y 80 kA, para alimentar a la nueva batería de condensadores regulable.
- Un (1) interruptor de salida de IV x 160 A y 80 kA, para alimentar al nuevo Cuadro General de Alumbrado CGA-1.

Por su parte, el C.G.D.-2 dispondrá de:

- Dos (2) interruptores de entrada de IV x 1.250 A y poder de corte 50 kA para las acometidas desde los transformadores.
- Un (1) interruptor de entrada de IV x 1.250 A y 50 kA para la acometida de emergencia desde un grupo electrógeno móvil.
- Un (1) interruptor de salida de IV x 400 A y 50 kA, para alimentar al nuevo CCM-3.A de Espesamiento y Deshidratación.
- Un (1) interruptor de salida de IV x 400 A y 50 kA, para alimentar al nuevo CCM-3.B de Digestión Anaerobia.
- Un (1) interruptor de salida de III x 500 A y 50 kA, para alimentar a la nueva batería de condensadores regulable.
- Un (1) interruptor de salida de IV x 63 A y 50 kA, para alimentar al nuevo Cuadro General de Alumbrado CGA-2.

Un tercer C.G.D.-3 servirá de enlace entre el Centro de Transformación Elevador y los dos grupos de motogeneración previstos, equipándose con:

- Dos (2) interruptores de entrada de IV x 800 A y poder de corte 50 kA para las acometidas desde los motogeneradores.
- Un (1) interruptores de entrada de IV x 1.6250 A y poder de corte 50 kA para la salida al transformador elevador.

Además, la envolvente de cada cuadro se ha sobredimensionado en un 30% para poder acoger posibles futuras ampliaciones.

En cuanto a la instalación de Centros de Control de Motores, se han previsto los siguientes:

- *CCM-1.A Bombeo de agua bruta.* Se instalará en la sala eléctrica del edificio de pretratamiento. Dará servicio a todos los receptores electromecánicos del bombeo de agua bruta y el desbaste previo.
- *CCM-1.B Pretratamiento y tratamiento primario.* Situado frente al CCM anterior, en la misma sala, alimentará a los restantes equipos del pretratamiento y tratamiento primario, incluyendo sus desodorizaciones.
- *CCM-2.A Tratamiento secundario.* Se instalará en la sala eléctrica del edificio de aireación, junto al C.G.D.-1 que lo acomete. Dará servicio a todos los receptores electromecánicos del tratamiento secundario salvo la estación de aireación, incluido el bombeo existente al depósito de Rejas instalado en el laberinto de cloración.
- *CCM-2.B Estación de aireación.* Se instalará junto al CCM-2.A., y alimentará exclusivamente a las soplantes de levitación para aireación de los reactores biológicos.
- *CCM-3.A Espesamiento y deshidratación.* Se instalará en la sala eléctrica del edificio de fangos, junto al C.G.D.-2 que lo alimenta, para dar servicio a todos los equipos electromecánicos asociados a los espesamientos de fangos primarios y secundarios, y a la deshidratación de fangos.
- *CCM-3.B Digestión anaerobia.* Este cuadro estará situado también en la sala eléctrica del edificio de fangos. Acometerá a los equipos asociados a la digestión y a la línea de biogás, así como a la desodorización de la línea de fangos.

Estos CCM serán de tipo ejecución extraíble. Estarán formados por columnas, donde los módulos de acometida se situarán en uno de los extremos, y en el resto de columnas se ubicarán los diferentes módulos de salida en compartimentación con forma 4b. El grado de protección adoptado es IP54 según IEC 529, EN 60529. Cada CCM se equipará con una columna de acometida en ejecución fija, y un máximo de 6 columnas para celdas en ejecución extraíble.

Los variadores de frecuencia, y arrancadores suaves y estáticos, debido al calor que desprenden y a los problemas de compatibilidad electromagnética que generan, se implementarán en cuadros auxiliares independientes, de características constructivas similares a las del Cuadro General de Distribución, de ejecución fija, grado de protección IP 54, dotados de ventilación forzada regulada mediante termostatos y con extractores en el techo.

Para posibilitar la ampliación futura de los cuadros, el embarrado del último módulo a instalar en la situación de diseño actual podrá extenderse a otro nuevo módulo sin necesidad de detener el funcionamiento de la instalación.

Por otro lado, señalar que también se han proyectado nuevos Cuadros Generales de Alumbrado (CGA-1 y CGA-2), a instalar junto a cada C.G.D., desde los que se alimentan a los nuevos cuadros locales de fuerza y alumbrado para los edificios previstos en la adecuación de la planta.

Las salas de cuadros eléctricos de todos los nuevos edificios estarán climatizadas.

#### 7.4. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Se instala una batería de condensadores regulable por cada Cuadro General de Distribución, calculada para elevar el factor de potencia desde un valor inicial de 0,85 (independientemente de si el factor de potencia inicial real teórico es superior) a un valor final igual a 0,97.

Además, debido a la elevada carga de potencia regulada por variadores de frecuencia, se adopta una tensión de servicio de 480 V para estas baterías de condensadores.

De esta manera, la capacidad de la batería de condensadores asociada al CGD-1 es de 850 kVAr (480 V), mientras que para el CGD-2 es de 250 kVAr (480 V).

Por último, se equipará también cada nuevo transformador con una batería de condensadores fija, para compensación del consumo propio de energía reactiva del equipo, que es función tanto de la potencia

nominal del transformador como de la tensión primaria del mismo.

#### 7.5. DISEÑO DE LAS RESTANTES INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En el anexo nº10 de Predimensionamiento Eléctrico se pueden consultar los distintos criterios adoptados en el diseño de cableado, conducciones, red de tierras y alumbrado de la planta. En este último sentido conviene destacar que todas las luminarias, incluyendo las de exterior y emergencia, se han proyectado tipo LED, de bajo consumo y larga vida útil.

## 8. INSTRUMENTACIÓN, AUTOMATISMOS Y CONTROL

### 8.1. INSTRUMENTACIÓN

En base a las exigencias de la plataforma de control avanzado del tratamiento biológico, y en general a la optimización de todos los procesos que conforman la nueva planta proyectada, se ha proyectado la siguiente instrumentación:

#### LINEA DE AGUA

##### Pretratamiento

- Medida de caudal ultrasónica en el colector principal de entrada (1ud).
- Sonda de nivel inductiva en el tamiz de aliviados (1ud).
- Medida de nivel en continuo antes y después de cada reja de desbaste de muy gruesos (6ud).
- Medida de nivel en continuo en la cámara de bombeo de agua bruta (2ud).
- Medida de caudal electromagnética en cada conducción de impulsión de agua bruta (6ud).
- Medida de pH y temperatura en el canal de reparto a canales de desbaste (1ud).
- Medida de conductividad en el canal de reparto a canales de desbaste (1ud).
- Medida de nivel en continuo antes y después de cada reja de desbaste de gruesos (10ud).
- Medida de caudal electromagnética en la conducción al tratamiento primario (1ud).

##### Tratamiento primario

- Medida de caudal electromagnética en la conducción de fangos primarios (1ud).
- Medida de caudal electromagnética en la conducción al reactor biológico (1ud).

##### Reactor biológico

- Medida de concentración de licor mezcla en la zona anaerobia de cada reactor (4ud).
- Medida de pH en la zona anóxica de cada reactor (4ud).
- Medida de nitratos en la salida de la zona anóxica de cada reactor (4ud).
- Medida de concentración de licor mezcla en la zona óxica de cada reactor (4ud).

- Medida de oxígeno disuelto en cada cámara de la zona óxica de cada reactor (16ud).
- Medida de nitratos en la salida de la zona óxica de cada reactor (4ud).
- Medida de amonio (doble canal) en la salida de la zona óxica de cada reactor (2ud).
- Medida de fósforo (doble canal) en la salida de la zona óxica de cada reactor (2ud).
- Medida de caudal electromagnética en cada bombeo de recirculación interna (12ud).
- Medida de presión y temperatura en el colector común de aire (1ud).
- Medida de caudal de aire en la derivación de aire a cada reactor biológico (4ud).

#### Almacenamiento y dosificación de reactivos

- Interruptor de nivel en cada depósito de cloruro férrico (2ud).
- Medida de caudal electromagnética en cada conducción de cloruro férrico (4ud).
- Interruptor de nivel en cada depósito de glicerina (2ud).
- Medida de caudal electromagnética en cada conducción de glicerina (4ud).

#### Decantación secundaria

- Medida del espesor del manto de lodos en cada decantador (4ud).
- Medida de caudal electromagnética en la conducción de efluente clarificado (1ud).

#### LINEA DE FANGOS

##### Bombeo de fangos biológicos

- Medida de caudal electromagnética en cada bombeo de recirculación externa (4ud).
- Medida de caudal electromagnética en la conducción de fangos secundarios (1ud).

##### Espesamiento de fangos

- Medida de caudal de polielectrolito dosificado para el acondicionamiento de los fangos a espesar mediante caudalímetro electromagnético (2ud).
- Medida de caudal de sobrenadantes impulsados mediante caudalímetro electromagnético (1ud).



- Medida de nivel en continuo de la cámara de fangos mixtos (1ud).
- Medida de caudal de fangos mixtos impulsados a digestión mediante caudalímetro electromagnético (2ud).

#### Digestión anaerobia

- Medida de temperatura en cada digestor anaerobio (2ud).
- Medida de pH en cada digestor anaerobio (2ud).
- Medida de temperatura en la entrada y salida de agua a los intercambiadores de calentamiento de fangos (6ud).
- Medida de temperatura en la entrada y salida de fangos a los intercambiadores de calentamiento de fangos (6ud).
- Medida de temperatura en la conducción general de agua fría (1ud).
- Medida de temperatura en la conducción general de agua caliente (1ud).
- Medida de presión en la conducción general de agua fría (1ud).
- Medida de presión en la conducción general de agua caliente (1ud).

#### Deshidratación de fangos

- Medida de nivel en continuo en el depósito tampón (1ud).
- Medida de caudal de fangos impulsados a centrífuga mediante caudalímetro electromagnético (2ud).
- Medida de caudal de polielectrolito dosificada para el acondicionamiento de los fangos a deshidratar mediante caudalímetro electromagnético (2ud).
- Medida de caudal de escurridos impulsados mediante caudalímetro electromagnético (1ud).
- Medida de nivel en continuo en cada bomba de fangos deshidratados (2ud).
- Medida de nivel en continuo en cada silo de fangos (2ud).

#### LÍNEA DE BIOGÁS

##### Almacenamiento y quemado

- Medida de caudal de biogás generado en cada digestor anaerobio (2ud).
- Interruptor de nivel en cada depósito de cloruro férrico (1ud).
- Medida de caudal de cloruro férrico dosificado en los digestores para la eliminación de sulfídrico en el biogás mediante caudalímetro electromagnético (2ud).
- Medida de caudal de biogás en la entrada a cada caldera mediante caudalímetro másico (3ud).
- Medida de nivel en continuo en el gasómetro mediante medidor de tipo ultrasónico (2ud).
- Analizador de concentración de metano y sulfídrico en el biogás (1ud).
- Medida de caudal de biogás quemado en la antorcha mediante caudalímetro másico (1ud).
- Medida de presión en la conducción de biogás a sistema de acondicionamiento (1ud).
- Medida de caudal de biogás consumido en cada motogenerador mediante caudalímetro másico (2ud).

#### SERVICIOS VARIOS

##### Desodorización

- Medida de pH en scrubbers de biotrickling (3ud).
- Medida de caudal de nutrientes aportado mediante caudalímetro electromagnético (3ud).
- Medida de presión diferencial en lecho de carbón activo (2ud).

Los elementos de instrumentación de campo han sido proyectados para conectar al sistema de control distribuido (DCS), monitorizando, controlando su funcionamiento y permitiendo la calibración y parametrización desde el sistema de control. La instrumentación de campo incluida en zonas susceptibles de riesgo de explosión es antideflagrante, homologada para el cumplimiento de la normativa de atmósferas explosivas en las zonas donde esto es requerido, esto es, la línea de gas. Toda la instrumentación de campo tiene un índice de protección IP65 o superior, con ejecución material pintada con protección anticorrosión. En los casos de montaje intemperie se dispondrá de elementos de protección contra los rayos ultravioleta.

Todos los instrumentos con opción de bus tienen un sistema de conexión en Profibus DP para su comunicación con los autómatas de control de la planta. Todos los instrumentos tendrán indicación en el



propio instrumento o en campo de sus valores y estarán dotados de un sistema que permita su ajuste de manera local y remota, por tanto, y en la medida de lo posible, contienen una opción de HART.

En el caso concreto de la instrumentación instalada en el reactor biológico se ha optado por la concentración de las señales en controladores de 2 ó 4 canales para simplificar los buses de comunicación con los autómatas.

## 8.2. SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

La adecuación y mejora de la planta depuradora implicará la renovación total de la instalación eléctrica, y con ella, la de la instalación de automatización y control.

El seguimiento, control y proceso de la E.D.A.R. estará gobernado por un sistema de control, el cual recoge el estado de las señales digitales y analógicas procedentes de los equipos e instrumentos de la planta, y procesa las instrucciones de acuerdo con lo establecido en el programa de usuario, generando las salidas de proceso y transmitiendo esta información al nuevo SCADA general de planta para el procesado de la información obtenida sobre todo el sistema, coordinación de la instrumentación de la planta y seguimiento del proceso.

La instalación de control de las nuevas instalaciones se ha diseñado según el Sistema de Control Distribuido (DCS), equipado con controladores lógicos preparados para el telemundo y telecontrol. Por ello, toda la señalización eléctrica debe concurrir en cuadros donde se puedan centralizar todas las señales necesarias para arrancar dicho sistema de telemundo y telecontrol.

Los criterios de diseño para determinar los cableados de mando y control así como el número y tipo de señales para cada equipo se definen en el anexo nº17. A continuación se resumen el número de tarjetas analógicas y digitales proyectado para cada nuevo autómata propuesto, teniendo en cuenta que se han sobredimensionado en un 20%.

El PLC-1 (Pretratamiento y Tratamiento Primario) estará situado en la sala eléctrica del edificio de pretratamiento, y gestionará las señales correspondientes a los CCM-1.A y CCM-1.B, que acometen a los equipos del pretratamiento y decantación primaria.

El PLC-2 (Tratamiento Secundario), instalado en la sala eléctrica del edificio de aireación, gestionará todas las señales correspondientes al tratamiento secundario, cuyos cuadros eléctricos CCM-2.A y CCM-2.B asociados estarán situados junto al autómata.

Por último, el PLC-3 (Fangos), ubicado en la sala eléctrica del nuevo edificio de fangos, controlará las

señales correspondientes al espesamiento y deshidratación (CCM-3.A) así como a la digestión anaerobia (CCM-3.B). Estos cuadros eléctricos también estarán instalados junto al propio autómata.

Se resumen a continuación las señales necesarias para estos autómatas de control, teniendo en cuenta que se han sobredimensionado en al menos un 20% tal y como se ha comentado anteriormente para la fase actual de diseño, según el total de tarjetas adoptadas en cada caso. El número de señales estrictamente necesarias se justifica detalladamente en la tabla adjunta al final del presente anexo.

PLC-1	E/D	S/D	E/A	S/A
Nº DE SEÑALES ESTRICAMENTE NECESARIAS	614	123	48	81
Nº DE SEÑALES NECESARIAS (CON 20% RESERVA)	737	148	58	97
Nº DE TARJETAS ADOPTADAS	24	5	4	13
Nº DE SEÑALES ADOPTADAS	768	160	64	104

PLC-2	E/D	S/D	E/A	S/A
Nº DE SEÑALES ESTRICAMENTE NECESARIAS	614	137	95	97
Nº DE SEÑALES NECESARIAS (CON 20% RESERVA)	737	164	114	116
Nº DE TARJETAS ADOPTADAS	24	6	8	15
Nº DE SEÑALES ADOPTADAS	768	192	128	120

PLC-3	E/D	S/D	E/A	S/A
Nº DE SEÑALES ESTRICAMENTE NECESARIAS	508	104	62	26
Nº DE SEÑALES NECESARIAS (CON 20% RESERVA)	610	125	74	31
Nº DE TARJETAS ADOPTADAS	20	4	5	4
Nº DE SEÑALES ADOPTADAS	640	128	80	32

Estos nuevos autómatas quedarán integrados dentro del sistema de control actual de la EDAR, y estará comunicado directamente con el Centro de Control mediante fibra óptica. Para ello, se dotará de los correspondientes switch de comunicación.

Los nuevos autómatas se instalarán dentro de un armario de control, capacitado para alojar en su interior tanto el PLC con sus tarjetas de E/S como la pantalla de Control Local y el switch de comunicación.



Por su parte, el autómata de control del bombeo a Rejas se integrará dentro de la nueva red de control.

### 8.3. SISTEMA DE CONTROL AVANZADO DEL REACTOR BIOLÓGICO

Como sistema de control avanzado del proceso y aireación en el reactor biológico se propone la implementación de la Plataforma CREAPro® o similar. Con este sistema se consigue durante la operación de la planta la optimización tanto del funcionamiento del proceso biológico como del consumo energético.

La aplicación de esta plataforma de control presenta las siguientes ventajas inmediatas:

- Monitorizar el proceso y la calidad del efluente.
- Gestión, control avanzado e inteligente del proceso de depuración.
- Optimización de los parámetros de operación.
- Máxima robustez y fiabilidad del proceso.
- Interpretación objetiva y eficiente de un elevado volumen de datos.
- Acceso y control remoto de la plataforma.
- Servicio y acceso web desde distintas terminales.
- Adaptabilidad a cualquier situación de partida.
- Flexibilidad para moldear la solución a futuros cambios en la planta.

Los principales módulos de control incluidos en la propuesta son los siguientes:

- Control de la aeración
  - N-Control: control inteligente para optimización de la eliminación de nitrógeno. Estrategia de control inteligente que aplica consignas dinámicas de oxígeno en función de los rendimientos de nitrificación en cada una de las cámaras aireadas. Al mismo tiempo, la estrategia permite la realización de ciclos de mínima aeración, reduciendo al máximo el aporte de aire al sistema para permitir desnitrificar sin que el fango sediente en el reactor.
  - MOV-Control: control inteligente de las válvulas de regulación por estrategia Most Open Valve y consigna dinámica de presión para ahorro energético en aeración.

Operar el global del sistema de producción y distribución de aire aplicando la mínima presión de trabajo requerida garantizando los niveles de oxígeno en las balsas, permite lograr niveles de ahorro significativos. A parte de la presión dinámica, el sistema de control permitirá gestionar el número de equipos requeridos, permitiendo realizar paros totales controlados y/o gestionar la activación de estos en base a limitaciones de calidad de vertido o de potencia máxima permitida.

- Estrategia tarifaria: desplazamiento de puntas de consumo a períodos tarifarios valle, reduciendo de esta forma el coste energético.

- Control de la recirculación interna de fangos: control inteligente de la recirculación de nitratos en función de la concentración de los mismos en cada punto del proceso.
- Control de la eliminación química de fósforo: control inteligente de la dosificación del agente químico para el afino en la eliminación del nutriente.
- Control de la dosificación de la fuente externa de carbono: control avanzado de la dosificación de la fuente externa de carbono seleccionada (glicerina) con la finalidad de garantizar los niveles de nitratos en el efluente con el mínimo consumo de reactivo.
- Módulo CREALab: módulo que integra los datos off-line en la aplicación, hecho que le permite a la misma disponer de una gran cantidad de información robusta y validada para ser utilizada en la elaboración de informes y/o para la aplicación de actuaciones de control.

La plataforma de control inteligente es instalada en un PC industrial con 16 GB de memoria RAM y 1 TB memorial (RAID), incluyendo un terminal de visualización táctil para la sala de control, y conectado directamente al PLC-2 de la EDAR. Esta arquitectura permite adquirir todas las señales necesarias del autómata vía OPC, y no ser invasivos a nivel de configuración de la red de PLC de la planta ni con el SCADA. Asimismo, se mantiene íntegro el control pre-diseñado en la planta, pudiendo ser reconectado automáticamente en sustitución de esta plataforma en caso de pérdida de comunicación o de necesidad por mantenimiento. El acceso a la plataforma se puede realizar también vía web.

El PC se comunica directamente con el PLC, habitualmente vía Ethernet. Esta estructura permite, mediante conexión 100% segura VPN, realizar el seguimiento y mantenimiento de la plataforma de control de forma remota, así como acceso remoto al operador de la planta.



## 9. INTERFERENCIAS CON LA PLANTA ACTUAL

Minimizar las afecciones a la planta actual y su funcionamiento ha sido la premisa principal con la que se han diseñado las obras contempladas en el Anteproyecto. Para ello ha sido fundamental la consecución de los terrenos aledaños a la ERAR actual que ha permitido poder iniciar las obras de la línea de agua con la mayor celeridad posible y sin interferir en la explotación de la planta.

No obstante, para la realización de una actuación tan compleja como la adecuación y mejora de las instalaciones existentes, es inevitable encontrar puntos en los que se produzcan afección al proceso de explotación de la ERAR. A continuación se indican las principales afecciones que se producirán durante las obras según las fases definidas:

### 9.1. FASE 1

La ejecución de las actividades definidas en la fase 1 interfiere en el funcionamiento habitual de la instalación existente en los siguientes puntos:

- a) Modificación del colector general de entrada: se debe ejecutar la conexión del nuevo marco prefabricado al existente para la derivación de los caudales por el nuevo trazado planteado.
- b) Modificación de la impulsión desde Paracuellos del Jarama. Una vez tendidas las nuevas tuberías hasta la nueva obra de llegada de las instalaciones proyectadas se procederá a la ejecución de la unión del nuevo tramo de conducción con la existente.
- c) Nueva obra de llegada: en la nueva obra de llegada se deberá dejar prevista la conexión con la conducción de PRFV DN2000 que seguirá dando servicio a las instalaciones existentes durante la ejecución de la FASE 2 de las obras, y posterior sellado una vez no sea necesario su servicio.
- d) Conexión con obra de llegada existente: la tubería provisional PRFV DN2000 deberá conectar con la obra de llegada existente, para ello se ha previsto acometer a la arqueta previa a la obra de llegada, en el punto en el que se introduce en la arqueta una conducción que actualmente está fuera de servicio.
- e) Media Tensión: Para el retranqueo del anillo de Unión Fenosa, se interceptarán los cables existentes para, tras una parada de la planta y previo descargo de la línea de Unión Fenosa, desviar el anillo existente para que dicho anillo ahora entre y salga en el Centro de

Seccionamiento. El nuevo anillo de media tensión de la planta se construye hasta el nuevo Centro de Transformación nº1 y desde ahí continúa hasta el Centro de Transformación existente. En éste ahora llega una línea, de manera que, durante la parada de la planta antes citada, se conecta una de las líneas nuevas del anillo y la otra se queda en punta sin energizar. De esta manera la planta se sigue alimentando a partir del Centro de Transformación actual pero ya desde el nuevo Centro de Seccionamiento de Unión Fenosa, pudiendo procederse al desmontaje de los apoyos existentes.

### 9.2. FASE 2

La ejecución de las actividades de la fase 2 interfiere en el funcionamiento habitual de la instalación existente en los siguientes puntos:

- a) Arqueta de alivio de excesos del tratamiento biológico: en esta arqueta se deberá dejar prevista la conexión con la conducción de PRFV DN700 que seguirá dando servicio al bombeo a la ERAR de Rejas en los episodios en que el caudal de tratamiento supere el valor medio mientras el régimen de funcionamiento de las nuevas instalaciones esté limitada a dos líneas de reactor biológico.
- b) Salida provisional y definitiva de las dos líneas ejecutadas de reactor biológico: En el canal de salida de las dos primeras líneas del reactor biológico ejecutado se ejecutarán dos pasamuros para dar servicio a las dos situaciones proyectadas provisional y definitiva. En situación provisional, se ha de ejecutar el pasamuros para la conducción DN800 que conectará con la decantación secundaria existente. Posteriormente esta salida deberá cancelarse y sellarse cuando entre en servicio la conexión con la decantación secundaria proyectada. Para la salida definitiva, se ejecutará el pasamuros y se instalará una ataguía tipo stop-log que asegure el cierre hermético. Cuando llegue el momento de emplear la conducción definitiva, solo habrá de retirarse la compuerta instalada.
- c) Tubería provisional de salida del nuevo reactor biológico con el canal de salida de reactor biológico existente. Se proyecta una conducción de PRFV DN800 para conectar la salida de agua del reactor biológico con el canal de salida de los reactores biológicos existentes. Este canal servirá de obra de reparto a la decantación secundaria.
- d) Desplazamiento de gasómetro de membrana y depósito de gasoil existente. Con el objeto de habilitar el espacio suficiente para la ejecución de las obras, se plantea desplazar estas



instalaciones no críticas en la operación de la ERAR. No obstante, estas operaciones deberán ser coordinadas con el personal de explotación para que se pueda programar adecuadamente la actuación sin perjudicar el normal desempeño de las labores de operación de la planta.

- e) Conexión de impulsión de fangos primarios de los nuevos decantadores con la tubería existente de acometida a espesadores de gravedad existentes: la purga de los nuevos decantadores primarios han de conectarse con los espesadores de gravedad existentes, para ello se realizará una conexión en las conducciones que alimentan los espesadores existentes.
- f) Conexión provisional de la impulsión existente de recirculación externa de fangos con tubería de impulsión a nuevo reactor biológico. El fango recirculado ha de enviarse al nuevo reactor biológico, para ello se aprovecharán las conducciones existentes que discurren por la galería de servicios hasta el punto en que se dirigen al reactor biológico existente. En ese punto se realizará la conexión que derive la recirculación al nuevo proceso biológico.
- g) Sistema de automatización y control. Se deben integrar en el nuevo SCADA los autómatas de control existentes con todas las señales y funciones que controlen los procesos de la planta que continuarán utilizándose.

### 9.3. FASE 3

Durante las fases de demolición de los elementos, las principales interferencias que se producirán sobre la correcta explotación de las instalaciones existentes son las de movilidad, que deberán solventarse con una adecuada planificación y coordinación de los trabajos entre el personal de obra y operación.

Además, en esta fase se produce una interferencia a tener en cuenta:

- a) Apuntalamiento del canal de salida del reactor biológico existente para garantizar su estabilidad estructural durante la ejecución de las obras. Este canal se emplea como reparto a la decantación secundaria actual, que deberá estar en funcionamiento hasta que se haya ejecutado la nueva decantación secundaria, que se ubica en la zona que actualmente ocupan la decantación primaria y los reactores biológicos. Para garantizar la estabilidad de esta sección de reactor biológico se necesita una longitud de losa de cimentación de unos 5 metros, no obstante, adicionalmente, se propone un apuntalamiento de la estructura para garantizar su estabilidad en todo momento. Por tanto, se podrá demoler el resto de la estructura que permitirá ejecutar 2 de los 4 decantadores secundarios proyectados.

### 9.4. FASE 4

La ejecución de las actividades de la fase 4 interfiere en el funcionamiento habitual de la instalación existente en los siguientes puntos:

- a) Conducciones de conexión entre reactor biológico y decantación secundaria proyectados: estas conducciones discurren por el espacio liberado gracias a la modificación en la ubicación del gasómetro de membrana y depósito de gasoil existentes. Además, deberán atravesar la galería de conducciones existentes. Para ello se deberán compaginar los trabajos de modificación de las conducciones interiores, demolición parcial de la galería y sostenimiento de las conducciones a ejecutar.
- b) Interferencia Eléctrica y control. Tras la conexión del nuevo Centro de Transformación nº2, que permitirá poner en servicio la nueva línea de fangos, se procederá a la desconexión del anillo de media tensión del Centro de Transformación existente. Se terminará de integrar y programar en el centro de control los nuevos autómatas de control instalados en esta fase.

### 9.5. FASE 5

Durante las fases de demolición de los elementos, las principales interferencias que se producirán sobre la correcta explotación de las instalaciones existentes son las de movilidad, que deberán solventarse con una adecuada planificación y coordinación de los trabajos entre el personal de obra y operación.

## 10. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo establecido para la redacción del proyecto es de tres (3) meses. Una vez aprobado el mismo se establece el plazo de ejecución de las obras en cuarenta y cuatro (44) meses.

## 11. INFORMACIÓN MEDIOAMBIENTAL

### 11.1. ESTUDIO DEL MEDIO

El presente Anteproyecto de Adecuación y Mejora de la Estación Regeneradora de Aguas Residuales de Valdebebas, contiene en su Anexo 13 – Estudio de Impacto Ambiental, el documento medioambiental, mediante el cual, el Ayuntamiento de Madrid, como promotor del mismo, se ajusta al procedimiento ordinario de Evaluación de Impacto Ambiental, con objeto de que la Subdirección General de Impacto Ambiental y Cambio Climático de la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad de la Comunidad de Madrid, como órgano ambiental competente, formule la preceptiva Declaración de Impacto Ambiental.

La normativa ambiental que afecta al presente Estudio está regulada por la Ley 21/2013 de evaluación ambiental, recientemente modificada por el Real Decreto – Ley 23/2020, y según se determina en el artículo 7, apartado 1, considerando que la actuación está englobada en los supuestos recogidos en el Anexo I de la misma; Grupo 7. *Proyectos de ingeniería hidráulica y de gestión del agua, Apartado d, Plantas de tratamiento de aguas residuales cuya capacidad sea superior a 150.000 habitantes equivalentes*, el proceso de evaluación que le aplica, corresponde con una **evaluación de impacto ambiental ordinaria**. Recientemente se ha aprobado, además, el *Real Decreto Ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica*, el cual modifica también a la Ley 21/2013.

Los organismos intervenientes durante la tramitación ambiental serán los siguientes:

- Promotor: Ayuntamiento de Madrid.
- Órgano sustantivo: Ayuntamiento de Madrid.
- Órgano ambiental: Subdirección General de Impacto Ambiental y Cambio Climático de la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad de la Comunidad de Madrid perteneciente a la Dirección General de Sostenibilidad y Cambio Climático.

La ERAR de Valdebebas, emplazada en la margen derecha del río Jarama a la altura del puente de Paracuellos del Jarama, trata las aguas residuales procedentes de los distritos de Ciudad Lineal, Hortaleza y Barajas, además de las procedentes de la zona no ampliada de Paracuellos del Jarama y los drenajes de los túneles de la pista T4 del aeropuerto de Barajas.

La superficie de la parcela ocupada por la depuradora es de 37.800 m<sup>2</sup>, incluida la zona ajardinada.

La ERAR fue diseñada para cumplir los límites de vertido en zona no sensible, sin embargo, en la actualidad toda la cuenca del Jarama es definida como zona sensible, en especial la masa de agua ES030MSPF0420021 (río Jarama desde arroyo Valdebebas hasta río Henares) a la cual afecta esta estación depuradora, lo que hace necesaria una reforma integral de la instalación para adecuarse a la normativa de la nueva situación.

Esta nueva situación es consecuencia de las medidas contempladas en el segundo ciclo del vigente Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo (2015 – 2021), aprobado por el Real Decreto 1/2016, de 8 de enero y de la Resolución del 10 de julio de 2006, de la Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad, por la que se declaran las Zonas Sensibles en las Cuencas Hidrográficas Intercomunitarias. Dicho Plan contiene un Programa de Medidas cuyo fin principal es la consecución de los objetivos medioambientales definidos en las masas de agua, estableciendo, entre otras, las medidas complementarias y actuaciones de depuración más adecuadas a realizar durante este periodo para evitar incumplimientos en la Directiva 91/271/CEE, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas y la Directiva Marco del Agua.

La depuradora se diseñó inicialmente para tratar un caudal medio de 0,6 m<sup>3</sup>/s, sin posibilidad de reducir nitrógeno y fósforo por vía biológica, si bien en la actualidad no trata más de 0,36 m<sup>3</sup>/s debido a problemas en la clarificación por falta de calado. En líneas generales, puede afirmarse que Valdebebas es una depuradora que está obsoleta, por lo que se hace necesario diseñar una nueva depuradora con un tratamiento biológico con eliminación de nutrientes que cumpla con todas las nuevas condiciones existentes, garantizando en todo momento el cumplimiento de la autorización de vertido vigente, para lo cual es necesario mantener en uso la existente, hasta la puesta en marcha la nueva instalación.

Debido a todo lo comentado anteriormente, se hace necesaria la renovación del sistema de depuración actual lo que justifica la redacción del Anteproyecto de Adecuación y Mejora de la Estación Regeneradora de Aguas Residuales de Valdebebas.

El Estudio de Impacto Ambiental para el presente anteproyecto, que se ha incluido en el Anejo 13 de mismo, consta de los siguientes apartados:

1. Introducción.
2. Antecedentes.

3. Motivación de la aplicación del procedimiento de evaluación de impacto ambiental.
4. Objeto y descripción del proyecto.
5. Inventario ambiental.
6. Análisis de la vulnerabilidad del proyecto.
7. Identificación y valoración de impactos.
8. Medidas preventivas y correctoras.
9. Programa de seguimiento y vigilancia ambiental.
10. Conclusiones.
11. Equipo redactor multidisciplinar.
12. Normativa de referencia.
13. Anejos.

A continuación, se indican las principales consideraciones medioambientales, que se han tenido en cuenta en la redacción y planificación de la construcción de la nueva ERAR de Valdebebas:

#### 11.1.1. Consideraciones respecto al diseño

Para el diseño de la nueva ERAR, se han planteado tres soluciones diferentes cuyas ventajas y desventajas se han comparado en función del análisis de datos de la matriz de decisión que puede ser consultada en el apartado 4.2 – Análisis de Alternativas del Estudio de Impacto Ambiental:

- Alternativa de fangos activos
- Alternativa IFAS
- Alternativa de biofiltros

Atendiendo a los criterios planteados en la citada matriz de decisión, la alternativa de fangos activos resulta mucho mejor valorada en cuanto a los aspectos económicos tanto de ejecución como de operación y mantenimiento. Así mismo en los aspectos de fiabilidad, flexibilidad y mantenimiento es mejor valorada en comparación con las alternativas de IFAS y Biofiltros. En cuanto al tiempo de construcción, los fangos activos se ven perjudicados por el mayor periodo de ejecución respecto a las otras alternativas, debido a que el proceso se hace en tres fases en vez de dos.

En cuanto a los factores medioambientales y a modo de resumen se puede establecer los siguientes:

- Huella de carbono: la alternativa de fangos activos es la más favorable debido a que la potencia máxima considerada para la nueva ERAR es de 1.600 kW, potencia considerablemente inferior a las otras dos



alternativas (MBBR 1.750 kW y Biofiltros 2.100 kW), si se tiene en cuenta que la vida útil de una depuradora está en torno a los 25 años.

- **Ruidos:** Debido a que la ERAR de Valdebebas se encuentra muy próxima al aeropuerto de Barajas, los ruidos generados en la explotación de la misma no van a afectar a la calidad del medio ya generado en esta zona
- **Olores:** la explotación de la nueva ERAR no va a afectar a la calidad, debido a que el entorno en el que se ubica se considera como de calidad media, con muy poca población y rodeada de polígonos industriales, carreteras, aeropuerto, etc.
- **Flora y fauna:** tras la consulta a los espacios protegidos Natura 2000 en España y al GeoPortal del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, la nueva ERAR no afecta directamente a espacios protegidos o de interés.

Por lo tanto y en vista de los resultados se considera que la alternativa más adecuada entre todas las soluciones posibles en Valdebebas es construir un nuevo **proceso biológico de fangos activos con reducción de nutrientes**.

El proceso elegido, está diseñado para la eliminación de la materia orgánica carbonatada y reducir nutrientes (tanto nitrógeno como fósforo), con un rendimiento de eliminación entre el 90 y el 95 %.

En este proceso, que tiene lugar en varias etapas, selectores preanóxicos, anaerobios, anóxicos, facultativos y aerobios, siendo un proceso muy seguro con respecto a la calidad del efluente y un sistema bastante resistente frente a variaciones de caudal y concentración de contaminación en la entrada de agua residual.

Las reducciones de nitrógeno se alcanzarán implementando diferentes opciones tanto de recirculación externa e interna (modelos Bardenpho, UCT, Johannesburgo, mixtos) con el objetivo de llegar a concentraciones de nitrógeno en el efluente de salida menores de 10 ppm, y así cumplir con la autorización de vertidos.

En cuanto al fósforo se provocará su relanzamiento en la zona anaerobia para ser más fácilmente eliminado en la zona aerobia. No obstante, siempre se contará con la posibilidad de añadir cloruro férrico para conseguir la reducción establecida de 1 ppm en el efluente de la depuradora.

En resumen, las características principales de este sistema de tratamiento son:

- ✓ Altos rendimientos de eliminación de DBO5 y SS.
- ✓ Reducción de nutrientes
- ✓ Proceso seguro, con capacidad de flexibilidad frente a las variaciones de caudal y carga.

Con esta solución, la construcción de la nueva ERAR requiere de la ampliación de los terrenos actualmente ocupados por la instalación, de titularidad municipal. Dichos terrenos destinados a la ampliación se encuentran en una parcela anexa situada en su margen occidental, de titularidad también pública con una superficie aproximada de 41.150 m<sup>2</sup>

#### 11.1.2. Consideraciones respecto al medio

La Ley 21/2013 de evaluación ambiental, modificada por la Ley 9/2018, especifica en su anexo VI, como una de las tareas fundamentales de la Evaluación Ambiental, la realización de lo que denomina el **Inventario Ambiental**, y que consiste en:

- a. Estudio del estado del lugar y de sus condiciones ambientales antes de la realización de las obras, así como de los tipos existentes de ocupación del suelo y aprovechamientos de otros recursos naturales, teniendo en cuenta las actividades preexistentes.
- b. Identificación, censo, inventario, cuantificación y, en su caso, cartografía, de todos los aspectos ambientales mencionados en el artículo 35, que puedan ser afectados por la actuación proyectada, incluido el paisaje en los términos del Convenio Europeo del Paisaje.
- c. Descripción de las interacciones ecológicas claves y su justificación.
- d. Delimitación y descripción cartografiada del territorio afectado por el proyecto para cada uno de los aspectos ambientales definidos.
- e. Estudio comparativo de la situación ambiental actual, con la actuación derivada del proyecto objeto de la evaluación, para cada alternativa examinada.
- f. Las descripciones y estudios anteriores se harán de forma sucinta en la medida en que fueran precisas para la comprensión de los posibles efectos del proyecto sobre el medio ambiente.

El Inventario Ambiental se debe realizar en base a la metodología que se presenta teniendo como objetivo la valoración del estado preoperacional o estado cero (situación ambiental antes de realizarse el proyecto) en todos aquellos aspectos que se especifican en el artículo 35, es decir:

*“la población, la salud humana, la flora, la fauna, la biodiversidad, la geodiversidad, el suelo, el subsuelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el cambio climático, el paisaje, los bienes materiales, incluido el patrimonio cultural, y la interacción entre todos los factores mencionados”.*

En el Capítulo 5 – Inventario Ambiental, del Anexo 13 – Estudio de Impacto Ambiental, puede ser consultada toda esta información descriptiva del entorno en que se sitúa la actuación.

Algunos de los condicionantes medioambientales más importantes que han debido tenerse en cuenta a la

hora de elaborar el presente anteproyecto han sido los siguientes:

- La actuación se realiza en el ámbito de la subcuenca del río Jarama, concretamente en el tramo *Río Jarama desde Arroyo Valdebebas hasta Río Henares*, con código de la masa de agua ES030MSPF0420021. La ERAR fue diseñada para cumplir los límites de vertido en zona no sensible, sin embargo, en la actualidad toda la cuenca del Jarama es definida como zona sensible, lo que hace necesaria una reforma integral de la instalación para adecuarse a la normativa de la nueva situación. El vigente Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo (2015 – 2021) contiene un Programa de Medidas cuyo fin principal es la consecución de los objetivos medioambientales definidos en las masas de agua estableciendo, entre otras, las medidas complementarias y actuaciones de depuración más adecuadas a realizar durante este periodo para evitar incumplimientos en la Directiva 91/271/CEE, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas y la Directiva Marco del Agua.
- En la zona de estudio, existe una afección a espacios incluidos dentro de la Red Natura 2000, concretamente a la ZEC - *Cuencas de los ríos Jarama y Henares*. Por este motivo, conforme a lo indicado en la Ley 21/2013 de evaluación ambiental, modificada por la Ley 9/2018, ha sido necesario realizar un estudio específico de afección a la Red Natura 2000 incluyendo un apartado específico con las repercusiones del proyecto sobre dichos espacios incluidos en la red y teniendo en cuenta los objetivos de conservación de cada lugar, incluyendo los referidos impactos, las correspondientes medidas preventivas, correctoras y compensatorias Red Natura 2000 y su seguimiento. Este estudio se ha incluido en el Anejo 1 – Afección a Red Natura 2000, del Estudio de Impacto Ambiental.

#### **11.1.3. Identificación y valoración de impactos. Medidas preventivas y correctoras**

Las relaciones fundamentales entre las actividades descritas en el proyecto y su afección al medioambiente, pueden ser analizadas tratando de detectar los potenciales efectos de dichas acciones sobre la zona objeto de estudio desde un punto de vista tanto espacial como temporal. Para ello, se ha procedido en primer lugar a la elaboración de una Lista de Revisión y Comprobación de Acciones y Efectos Potenciales y posteriormente a una Matriz de Identificación de Impactos y otra Matriz de Importancia (cuantificación de impactos), dando cumplimiento, de esta manera a lo definido en el apartado 4, del Anexo VI de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, modificada por la Ley 9/2018, de 5 de diciembre.

Según los resultados obtenidos a partir de la elaboración de dichas matrices que podemos encontrar en el Capítulo 7 – Identificación y Valoración de Impactos del Estudio de Impacto Ambiental, en total, se ha tenido en cuenta 112 impactos diferentes, todos ellos valorados como COMPATIBLES (74) o MODERADOS (38).

Según la ponderación elegida, las acciones con mayores impactos negativos desde el punto de vista medioambiental son las limpiezas, desbroces y talas (que impactan especialmente sobre la vegetación y el biotopo) y las operaciones de demolición, desmantelamiento y construcción de la infraestructura (que impactan especialmente sobre la generación de ruidos, polvo en suspensión y compactación del suelo).

Existen, sin embargo, otros factores que resultan beneficiados como la creación de empleo o los distintos beneficios que puede generar la nueva infraestructura sobre la población.

Una vez analizados los posibles impactos, se ha procedido al planteamiento de distintas medidas dirigidas a atenuar o corregir los efectos ambientales ocasionados por las acciones del proyecto con un impacto negativo sobre el medio. Dichas medidas, aparecen detalladas en el Capítulo 8 – Medidas Preventivas y Correctoras, del Estudio de Impacto Ambiental.

Estas medidas incluyen la recuperación de las zonas afectadas por las demoliciones y por las instalaciones provisionales de obra. Para tal fin, se han planteado medidas de restauración ambiental que incluyen:

- Siembras con mezcla de gramíneas y leguminosas herbáceas.
- Plantación de ejemplares arbustivos de *Tamarix gallica*, *Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Retama sphaerocarpa*, *Sambucus nigra*, *Pyrus bourgeana*, *Quercus ilex* y *Pinus pinea*, de 1 a 3 savias en contenedor forestal.
- Plantación de ejemplares arbóreos de 12-16 cm de perímetro de tronco, de las especies: *Fraxinus angustifolia*, *Populus alba*, *Populus nigr*, *Salix alba*, *Prunus cerasif."Pissardii"*, *Prunus dulcis*, *Ficus carica* y *Olea europaea*. Los ejemplares de *Salix alba* serán priorizados en las zonas más próximas al cauce, dejando la plantación los ejemplares de *Populus alba*, *Pópulus nigra* y *Fraxinus angustifolia* en zonas más alejadas del cauce. Los ejemplares de *Prunus cerasifera Pissardii*, *Prunus dulcis*, *Ficus carica* y *Olea europaea* se consideran, en este caso, especies de jardinería ornamental y serán plantados a tal fin dentro del recinto de la nueva ERAR, en sustitución de las especies ornamentales que habrán de ser eliminadas durante las obras.

La valoración económica estimada de dichas medidas ambientales, preventivas y correctoras, se incluye en el anexo 13 Documentación Ambiental, ascendiendo a un valor de 413.846,00 euros:



#### 11.1.4. Valoración sobre el Estudio de Impacto Ambiental

A lo largo del Estudio de Impacto Ambiental se ha realizado un estudio de los valores naturales y ambientales afectados por las actuaciones para la adecuación y mejora de la estación regeneradora de aguas residuales de Valdebebas, así como de las consecuencias potenciales que estas pudieran ocasionar sobre ellos. De la misma manera, se han valorado los efectos y se han establecido las medidas protectoras y correctoras necesarias para evitar en unos casos, y minimizar en otros, las alteraciones derivadas de la actuación. Por último se ha definido un Plan de Vigilancia Ambiental asociado al cumplimiento de las medidas planteadas.

La integración de los condicionantes ambientales desde la fase más inicial del proyecto (fase de diseño) ha posibilitado el desarrollo de una alternativa capaz de minimizar la alteración sobre el entorno. No obstante, y debido al elevado potencial impactante asociado a la naturaleza de la propia actuación, se considera que la ejecución del proyecto podría ocasionar alteraciones severas sobre determinados factores ambientales si no se adoptan y controlan las medidas correctoras propuestas.

En cualquier caso, y según lo expuesto en el Estudio de Impacto Ambiental, se supondrá un **impacto asumible por el medio y a nivel económico-social positivo**, teniendo en cuenta las condiciones

#### 11.2. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

La gestión de los residuos generados como consecuencia de las obras se realizará conforme a lo dispuesto en la legislación vigente en esta materia. El anexo 19 a esta memoria es el Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición, conforme a lo establecido en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, y se determinan las obligaciones y responsabilidades de los productores y poseedores de los mismos, al objeto de garantizar una correcta gestión de los residuos generados durante los trabajos de las obras del Proyecto.

De acuerdo con lo previsto en este Real Decreto, la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Madrid se regula conforme a la Orden 2726/2009, de 16 de julio, de la Consejería de Medio Ambiente, Administración Local y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid.

Debido a las características del terreno en el que se ejecuta la actuación, ver anexo 02 Estudio geológico – geotécnico, no se ha podido reutilizar prácticamente el material de excavación como rellenos en la propia

obra, por lo que se generarán 216.987,55 m<sup>3</sup> de tierras sobrantes, que deberán ser gestionadas. Los posibles destinos finales para los excedentes de tierras y residuos inertes, a los que sean de aplicación, serán, en orden de preferencia:

- Reutilización en la propia obra.
- Huecos de los frentes agotados de las canteras y yacimientos utilizados en las obras o próximos al ámbito de actuación.
- Como rellenos en obras públicas realizadas en el entorno del ámbito de actuación.
- Valorización por gestor autorizado.
- Depósito en vertedero de inertes, localizado lo más próximo posible de las obras.

Para valorizar y emplear el material de hormigón de las demoliciones en los rellenos de las nuevas instalaciones a ejecutar, se ha incluido la partida correspondiente a machaqueo en obra, de hormigón en masa o ligeramente armado limpio de impurezas, mediante grupo móvil de trituración.

Los equipos eléctricos y electrónicos que se retiren de la planta van a generar residuos de tipología RAEE. La legislación de los RAEE viene marcada por el Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero en la que se define lo que es un residuo de aparatos eléctricos y electrónicos y se detalla un modelo de gestión eficiente para ellos. El transporte y gestión de estos elementos, junto a los elementos mecánicos existentes en la planta, que van a generar residuos en forma de chatarra, han sido presupuestados en el capítulo 4, Gestión de residuos de presupuesto general del anteproyecto.

Por otro lado, se procederá al desmontaje de 600 m de tubería de fibrocemento. Para ello se ha incluido la siguiente unidad en el presupuesto del anteproyecto:

- Desmontaje y retirada de tubería de fibrocemento, previa excavación con medios mecánicos o manuales, realizando todas las operaciones conforme a la normativa vigente relativa a residuos tóxicos peligrosos, riesgo de trabajar con amianto y prevención de riesgos laborales: humectación de la tubería previo al desmontaje con un encapsulante, montaje de la zona de acopio con exclusa de materiales y salida/entrada de descontaminación del personal, desmontaje de las tuberías, aspiración del polvo de amianto en foco de emisión, incluso envasado de la tubería desmontadas por macrocápsulas con plástico galga 500 y los fragmentos en big-bags homologados de amianto,

etiquetado con código de identificación en el que se indique naturaleza de riesgos, pictograma,,, registro y cumplimentación oficial del plan de gestión, incluso descontaminación del material ensacado previo a la carga del camión, carga y transporte y tratamiento de residuos a vertedero autorizado para tratar residuos peligrosos de clase 3 de seguridad y canon de vertido, tramitación legal para la evacuación y correcta gestión de los mismos (comunicados a organismos ambientales, documentos de aceptación, documentos de control y seguimiento, trazabilidad del residuo), incluso elaboración del plan de trabajo, medidas preventivas, delimitación y señalización de las áreas de trabajo, cabinas de descontaminación y medios de protección individual y mediciones ambientales, elaboración de informe, libros de la ejecución de las obras, incluido relleno compactado posterior con tierras procedentes de la propia excavación.

## 12. SEGURIDAD Y SALUD

En el presente anteproyecto se incluye el Estudio de Seguridad y Salud.

El Estudio tiene como objeto servir de base para que las Empresas Contratistas y cualesquiera otras que participen en la posterior ejecución de las obras **DEL ANTEPROYECTO DE ADECUACIÓN Y MEJORA DE LA ESTACIÓN REGENERADORA DE AGUAS RESIDUALES DE VALDEBEBAS** las lleven a efecto en las mejores condiciones que puedan alcanzarse respecto a garantizar el mantenimiento de la salud, la integridad física y la vida de los trabajadores de las mismas, cumpliendo así lo que ordena en su articulado el Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo.

El Estudio de Seguridad y Salud, debe servir también de base para que las Empresas que participen en las obras, antes del comienzo de la actividad en las mismas, puedan elaborar un Plan de Seguridad y Salud tal y como indica el articulado del Real Decreto citado en el punto anterior.

### 13. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

El presupuesto de la actuación se divide en dos partes, una destinada a la redacción del proyecto de construcción y otra a la ejecución de las obras.

El importe correspondiente a la redacción del proyecto de construcción asciende a 225.000 euros, sin IVA.

A continuación se desglosa por capítulos el importe correspondiente a la ejecución de las obras:

1. OBRA CIVIL .....	20.214.110,36
2. EQUIPOS MECÁNICOS.....	14.332.342,92
3. EQUIPOS ELÉCTRICOS, CONTROL Y AUTOMATISMOS .....	6.129.400,19
4. GESTIÓN DE RESIDUOS .....	3.924.878,36
5. MEDIDAS CORRECTORAS Y DE PROTECCIÓN AMBIENTAL.....	413.846,00
6. LEGALIZACIONES .....	49.000,00
7. SEGURIDAD Y SALUD.....	738.120,60
8. PUESTA EN MARCHA.....	358.656,36
9. OBRAS PROVISIONALES.....	1.097.750,48
10. PLAN DE CONTROL DE LA EROSIÓN .....	47.893,70
11. INFORMACIÓN CIUDADANA Y DIFUSIÓN TÉCNICA.....	30.000,00

Al valor estimado de las obras hay que añadir el importe de la redacción del proyecto de construcción:

PRESUPUESTO DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO	225.000,00
21% IVA.....	11.876.516,14
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>	<b>68.431.354,92</b>

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de SESENTA Y OCHO MILLONES CUATROCIENTOS TREINTA Y UN MIL TRESCIENTOS CINCIENTA Y CUATRO EUROS con NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS.

<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>47.335.998,97</b>
13,00 % Gastos generales	6.153.679,87
6,00 % Beneficio industrial	2.840.159,94
Suma .....	8.993.839,81
<b>VALOR ESTIMADO DE LAS OBRAS</b>	<b>56.329.838,78</b>

#### 14. REVISIÓN DE PRECIOS

Con fecha 4 de febrero de 2017 se publica en el Boletín Oficial del Estado el Real Decreto 55/2017, de 3 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 2/2015, de 30 de marzo, de Desindexación de la Economía. Este Real Decreto incide de manera muy significativa sobre el régimen de revisión de precios de los contratos del sector público, indicando, al respecto de los contratos de obras, que sus precios podrán ser susceptibles de revisarse, debiendo ser justificada dicha revisión en el expediente de contratación.

#### 15. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

Según Real Decreto 773/2015, de 28 de agosto, por el que se modifican determinados preceptos del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre y en vigor desde el 26 de abril de 2002, dentro del “Capítulo II: De la clasificación y registro de empresas” se propone que las condiciones mínimas de la clasificación del contratista sean las siguientes:

Grupo	Subgrupo	Categoría
K-Especiales	8-Estaciones de Tratamiento de Aguas	4

## 16. CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS PROYECTADAS

Atendiendo a lo dispuesto en el artículo 232 de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, las obras descritas en este proyecto se consideran como: "Obras de primer establecimiento, reforma, rehabilitación o gran reparación"

## 17. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA

A lo largo de las páginas de esta MEMORIA se han descrito las obras incluidas en el **ANTEPROYECTO DE ADECUACIÓN Y MEJORA DE LA ESTACIÓN REGENERADORA DE AGUAS RESIDUALES DE VALDEBEBAS**

El contenido del presente Proyecto cumple los requisitos exigidos en el texto de la Ley 9/2017 de 8 de noviembre de 2017, de Contratos del Sector Público.

Igualmente se hace constar que el presente proyecto se refiere a una obra completa en el sentido establecido en los artículos 125 y 127.2 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, es decir, susceptible de ser entregada al uso general o al servicio correspondiente, sin perjuicio de las ulteriores ampliaciones de que posteriormente pueda ser objeto, dado que comprende todos y cada uno de los elementos precisos para su puesta en servicio una vez concluido el plazo de ejecución.

## 18. CONCLUSIÓN

Considerando que el presente Anteroyecto está correctamente redactado y que contiene cuantos documentos y requisitos establece el vigente Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, se propone su aprobación por el órgano de contratación

Madrid, Agosto de 2020

Ingeniero Autor del Anteproyecto:



Pablo Hernández Lehmann

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Número de colegiado: 18.774

Ingeniera Directora del Anteproyecto:



Elena de la Paz Cobos

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos