



Infraestructuras  
del Agua de  
Castilla-La Mancha

# **PROYECTO DE MEJORA DE LA ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE LOS POZUELOS DE CALATRAVA (CIUDAD REAL)**



**DOCUMENTO N°1:  
MEMORIA Y ANEJOS**

**MARZO 2020**



# I. MEMORIA

## MEMORIA

<b>1</b>	<b>OBJETO DEL PROYECTO.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN EXISTENTE.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>DATOS DE DIMENSIONAMIENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>LÍNEA DE TRATAMIENTO ACTUAL .....</b>	<b>4</b>
3.2.1	Obra de llegada y bypass general.....	5
3.2.2	Desbaste de sólidos gruesos .....	5
3.2.3	Bombeo de agua bruta.....	5
3.2.4	Tamizado de sólidos finos.....	5
3.2.5	Medida de caudal de agua pretratada .....	6
3.2.6	Balsa de decantación y digestión de fangos (DCD).....	6
3.2.7	Arqueta de reparto .....	6
3.2.8	Balsas de tratamiento biológico (FMF) .....	6
3.2.9	Obra de salida, recirculación y medida de caudal .....	8
3.2.10	Extracción de fangos en exceso.....	8
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1</b>	<b>CAUDALES Y CARGAS CONTAMINANTES .....</b>	<b>8</b>
<b>4.2</b>	<b>PROCESO DE TRATAMIENTO .....</b>	<b>10</b>
4.2.1	Pretratamiento. ....	10
4.2.2	Balsa DCD (Decantador-Digestor). ....	10
4.2.3	Balsas FMF (Filtro de Macrófitas en Flotación). ....	10
<b>4.3</b>	<b>RESULTADOS DE DEPURACIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA .....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS A EJECUTAR .....</b>	<b>15</b>
<b>6.1</b>	<b>PREPARACIÓN DEL TERRENO Y MOVIMIENTO DE TIERRAS.....</b>	<b>15</b>
<b>6.2</b>	<b>TRANSFORMACIÓN DE UNA Balsa FMF EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL CON AIREACIÓN FORZADA (Balsa FBA).....</b>	<b>16</b>
<b>6.3</b>	<b>ARQUETA DE CONTROL DE NIVEL.....</b>	<b>17</b>
<b>6.4</b>	<b>SISTEMA DE AIREACIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>6.5</b>	<b>TRANSFORMACIÓN PARCIAL DE LA Balsa F.M.F EN Balsa DE TRATAMIENTO DE FÓSFORO MEDIANTE FILTRO DE ARCILLAS EXPANDIDAS .....</b>	<b>18</b>

6.6	ARQUETA DE DIVISIÓN DE FLUJOS .....	19
6.7	POZO DE BOMBEO.....	19
6.8	INSTALACIONES ELÉCTRICAS COMPLEMENTARIAS .....	19
6.9	CONSIDERACIONES SOBRE LA OBRA CIVIL A EJECUTAR .....	20
7	COSTES DE EXPLOTACIÓN .....	20
8	PLAZO DE EJECUCIÓN.....	20
9	SEGURIDAD Y SALUD .....	21
10	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	21
11	CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA.....	21
12	DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.....	21
13	DOCUMENTOS DE QUE CONSTA EL PROYECTO .....	22
14	RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	23

## **1 OBJETO DEL PROYECTO**

Es objeto del presente Proyecto la definición del contenido y alcance de las actuaciones correspondientes a las mejoras de proceso y equipamiento a efectuar en la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Los Pozuelos de Calatrava (Ciudad Real) para que su efluente pueda cumplir con los límites de parámetros contaminantes fijados en su vigente Autorización de Vertido y en las limitaciones que, en cuanto a éste, prevé adoptar la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

Con esta actuación se pretende incrementar el rendimiento del proceso actual manteniendo en lo posible el carácter extensivo del tratamiento existente, respetando los límites de la parcela actual y teniendo en cuenta la magnitud de la instalación.

## **2 ANTECEDENTES**

Las obras de la actual E.D.A.R comenzaron el día 1 de junio de 2009 y fueron ejecutadas por la empresa AGLOMANCHA EMPRESA CONSTRUCTORA S.A.

Durante el periodo de ejecución de las mismas, se redactó un Proyecto Modificado nº1, de fecha 30 de Noviembre de 2009, con el que se posibilitaron una serie de cambios y variaciones del Proyecto original, siendo este último documento el que describe correctamente el estado actual de la infraestructura.

La puesta en servicio de la E.D.A.R. data del año 2012 y su Autorización de Vertido se otorga por parte de la CHG el 3 de julio de 2013 con número de referencia VU-016/06-CR.

Los restrictivos condicionantes de diseño proyectados a pesar del tamaño y magnitud de la instalación de depuración, en lo referente a la concentración de los parámetros de contaminación efluentes, han originado el incumplimiento más o menos frecuente de la Autorización de Vertido vigente en lo relativo a Nitrógeno (N) y Fósforo (P).

Para solventar estos incumplimientos, teniendo presente tanto las características de los elementos como la filosofía extensiva del actual proceso de tratamiento y el tamaño de la E.D.A.R., se redacta el presente Proyecto.

Se tratará con este Proyecto, por tanto, de definir técnica y económicamente las actuaciones necesarias para dotar a la E.D.A.R. del equipamiento y elementos de proceso que permitan cumplir con la Autorización de Vertido, teniendo en cuenta las características físicas y técnicas de la E.D.A.R. existente.

## **3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN EXISTENTE**

Las instalaciones de la actual EDAR de Los Pozuelos de Calatrava están dimensionadas para tratar el agua residual de 1.000 habitantes equivalentes y ese fue el punto de partida del proyecto original. Se diseñó para tratar un caudal de 250 m<sup>3</sup>/día (250 litros por habitante y día), con una concentración de DBO<sub>5</sub> de 240 mg/l.

### 3.1 DATOS DE DIMENSIONAMIENTO

Los datos de dimensionamiento del Proyecto original fueron:

DATOS DE PARTIDA		
Población de diseño	1.000	h-e
Caudal diario	250	m <sup>3</sup> /día
Caudal medio	10,42	m <sup>3</sup> /h
Caudal Punta	31,25	m <sup>3</sup> /h
Caudal de Pretratamiento	52,08	m <sup>3</sup> /h
DBO <sub>5</sub>	240	mg/l
S.S	300	mg/l

Y los resultados a obtener:

RESULTADOS		
Concentración máxima DBO <sub>5</sub>	25	mg/l
Concentración máxima S.S	35	mg/l
Concentración máxima DQO	125	mg/l
Concentración máxima NTK	15	mg/l
Concentración máxima Fósforo	2	mg/l
pH	5,5 – 9,0	
Aceites y grasas	Indicios	

### 3.2 LÍNEA DE TRATAMIENTO ACTUAL

Las aguas residuales de la población llegan a la EDAR por gravedad mediante un emisario ejecutado con tubería de PVC corrugado DN 315 con una longitud aproximada de 930 metros. Este emisario parte de un aliviadero donde se conecta la conducción HA DN 800 que recoge la red unitaria de saneamiento municipal.

La Línea de agua está compuesta por los siguientes procesos unitarios:

- Aliviadero y bypass general.
- Pre desbaste de sólidos gruesos.
- Bombeo de agua bruta y medición de caudal.
- Desbaste de sólidos finos.
- Decantación primaria. Tanque DCD.
- Tratamiento biológico. Sistema FMF.
- Obra de salida y medición de caudal.

La Línea de fangos:

- Digestión de fangos en DCD
- Transporte de fangos digeridos en exceso a otra EDAR

La definición de los procesos de tratamiento existentes se resume a continuación:

### **3.2.1 Obra de llegada y bypass general**

Las aguas residuales llegan a la obra de llegada a través de un colector de 315 mm de PVC, dicha obra de llegada alberga una tubería de bypass del mismo diámetro y también de PVC, con el fin de poder aliviar por medio de un vertedero, los excesos de caudal que puedan llegar a la planta.

La arqueta de llegada tiene unas dimensiones interiores de 1,40 m x 1,80 m y una altura total de 4,60 m, ejecutada en hormigón armado y se encuentra comunicada y adosada al pozo de gruesos.

### **3.2.2 Desbaste de sólidos gruesos**

El desbaste de sólidos gruesos se realiza mediante una reja de 50 mm de luz para la protección de las bombas. La extracción de dichos sólidos se realiza mediante polipasto eléctrico de 1.000 kg y cuchara bivalva de 50 l y se deposita en un contenedor para su retirada.

El pozo de gruesos tiene unas dimensiones interiores de 2,00 m x 2,50 m y una altura total de 5,80 m, ejecutado en hormigón armado y se encuentra comunicado y adosado tanto a la arqueta de entrada como al pozo de bombeo.

### **3.2.3 Bombeo de agua bruta**

La impulsión se realiza mediante un equipo de bombeo, formado por 3 bombas (2+1) con un caudal unitario de un medio del caudal máximo de tratamiento.

El sistema de control de bombeo incluye un medidor de Nivel en Continuo, tipo ultrasónico; un Indicador-Controlador PID y un Variador de Frecuencia. El medidor de nivel en continuo detecta cualquier variación de caudal mediante la variación de nivel que este provoque en el pozo de bombeo; enviando al Indicador-Controlador una señal que éste procesa, y posteriormente envía una señal al variador de frecuencia aumentando o disminuyendo el caudal de bombeo, en función de la variación del caudal de entrada.

El pozo de bombeo tiene unas dimensiones interiores de 2,50 m x 2,50 m y una altura total de 5,80 m, y se encuentra comunicado y adosado al pozo de gruesos.

El agua descarga directamente en un tamiz rotativo, en el que se efectuará el proceso de tamizado.

### **3.2.4 Tamizado de sólidos finos**

El tamizado del agua bruta impulsada se lleva a cabo mediante un tamiz rotativo fabricado en acero inoxidable.

La luz de paso de tamizado es de 1,5 mm, instalándose una unidad con un tambor filtrante de 630 mm de diámetro y 500 mm de longitud. El tamiz descarga directamente en el tanque DCD.



El tamiz rotativo está ubicado sobre una estructura metálica elevada 1,00 m sobre la cota de urbanización, que permite obtener la altura piezométrica necesaria para que el resto de la línea de agua pueda realizarse por gravedad.

### **3.2.5 Medida de caudal de agua pretratada**

Para la medición de caudal se instala, en la conducción de impulsión de las bombas de agua bruta, un caudalímetro electromagnético de DN 100 mm, con salida analógica 4-20 mA, para indicación y registro del caudal instantáneo.

### **3.2.6 Balsa de decantación y digestión de fangos (DCD)**

El agua residual pretratada se conduce por gravedad a la balsa DCD (digestor-decantador), mediante tubería de PVC DN 200 (se introduce por la zona central de la balsa).

El DCD es una balsa con una profundidad útil de 3,50 m y resguardo de 0,30 m, con macrofitas en flotación (dotación 15 plantas/m<sup>2</sup>).

Tanto el reparto de agua de entrada a la balsa como la recogida se realiza de forma homogénea y constante en toda su longitud, para evitar los flujos preferenciales de la lámina agua dentro de la balsa, para ello se disponen tubería con reducciones y diferentes salidas y recogida mediante cajón vertedero en toda la longitud de la balsa.

La balsa tiene como principales características:

- Base inferior de 1,0 x 7,0 m con pendiente hacia la zona de extracción de fangos, donde acomete una tubería de PVC de diámetro 200 mm y comunica el DCD y la arqueta de extracción de fangos.
- Base superior de dimensiones interiores 12,40 x 18,40 m
- Talud de la balsa (3H;2V)
- Capa de grava de 20 cm de espesor en la base inferior.
- Impermeabilización mediante lámina de polietileno de 1,5 mm de espesor.
- Lámina de geotextil de poliéster de 200 g/m<sup>2</sup>.

La salida de agua del DCD se realiza mediante tubería PVC DN 200 y acomete al primer recinto de la arqueta de reparto con salida hacia las dos balsas FMF.

### **3.2.7 Arqueta de reparto**

La arqueta está formada por un primer recinto de dimensiones interiores 1,50 m x 3,30 m donde el agua adquiere cota piezométrica y favorece el equireparto a través de dos vertederos de idéntica dimensión, a dos cámaras. A partir de cada una de estas dos cámaras, sale una tubería PVC DN 200 hacia cada una de las dos balsas FMF, configurando de esta forma, las dos líneas de balsas FMF de igual capacidad de tratamiento.

### **3.2.8 Balsas de tratamiento biológico (FMF)**

Se trata de balsas con una profundidad útil de 1,50 m y resguardo de 0,30 m, con macrofitas en flotación (dotación 10 plantas/m<sup>2</sup>). Esta menor profundidad permite que la superficie radicular esté prácticamente en contacto con toda la lámina de agua, evitando la formación de zonas anaerobias.



Tanto el reparto de agua de entrada a la balsa como la recogida se realiza de forma homogénea y constante en toda su longitud, para evitar los flujos preferenciales de la lámina agua dentro de la balsa, para ello se dispone tubería con reducciones y diferentes salidas y recogida mediante cajón vertedero en toda la longitud de la balsa. (El sistema es el mismo que en el DCD)

La balsa se ejecuta en tierras de préstamo y sus características son las siguientes:

- Base inferior de 6,6 x 36,0 m
- Base superior de dimensiones interiores 12,0 m x 41,4 m
- Talud de la balsa (3H ; 2V)
- Capa de grava de 20 cm. de espesor en la base inferior.
- Impermeabilización mediante lámina de polietileno de 1,5 mm de espesor.
- Lámina de geotextil de poliéster de 200 g/m<sup>2</sup>.

Las plantas macrofitas, han desarrollado un tejido vegetal hueco, teniendo toda la su estructura vegetal constituida por una red de tubos, que se encuentra cerrados transversalmente por membranas, tanto las paredes como las membranas son permeables al oxígeno.

Si la posición del tubo es colindante con el exterior puede tomar el oxígeno del aire y llevarlo a los rizomas y raíces donde estos pueden transferirlo al medio en el que se encuentran. Las aguas residuales tienden a ser anóxicas, cuanto más sucia este el agua, la diferencia de presión isostática es mayor y el macrófito puede transferir más cantidad de oxígeno del aire al agua, por unidad de superficie. Aplicando esta propiedad física de transferencia de oxígeno al agua que realiza el macrófito se explica la eficacia de la depuración de las aguas mediante el sistema FMF.

Según las empresas que lo desarrollan e implantan, el sistema de macrofitas en flotación funciona de forma similar al filtro percolador. En este caso las bacterias depuradoras se fijan a las raíces de las plantas, y el oxígeno lo suministra la propia planta.

Por otro lado la propia planta absorbe nitrógeno y fósforo del agua, con lo que, no solo se termina de realizar la depuración a nivel de materia orgánica sino que además, al eliminarse fósforo, nitrógeno, iones de metales, oligoelementos, realiza el tratamiento terciario, es decir no solo no depura si no que regenera las aguas.

Como valor añadido, las empresas que lo comercializan argumentan que el efluente del filtro de macrofitas tiene la facultad de poder eliminar las partículas coloidales (menores de 0,5 micrones) que son atraídas por las raíces dado que el coloide tienen carga eléctrica negativa y las raíces tienden a estar con carga positiva (el aire al mover las hojas de las macrofitas arrastra los electrones de ellas) por lo que la planta se carga positivamente y atrae al coloide a sus raicillas.

A continuación se indican los datos más representativos de las balsas existentes:

DATOS DEL CONJUNTO		
<b>Nº DE LÍNEAS</b>		
-	BALSA DCD	1,00 Ud
-	BALSAS FMF	2,00 Ud
<b>LONGITUDES UNITARIAS</b>		
-	Ancho	12,40 m
-	Longitud DCD	18,40 m
-	Longitud FMF	41,40 m
<b>SUPERFICIES TOTALES</b>		
-	DCD	201,25 m <sup>2</sup>
-	FMF	899,10 m <sup>2</sup>
<b>VOLUMEN</b>		
-	DCD	300,13 m <sup>3</sup>
-	FMF	1.020,60 m <sup>3</sup>
VOLUMEN TOTAL ADOPTADO		1.320,73 m <sup>3</sup>
TIEMPO DE RETENCIÓN TOTAL ADOPTADO		5,28 días

### 3.2.9 Obra de salida, recirculación y medida de caudal

Así mismo, cuando las aguas tratadas en los FMF finalizan su estancia en las balsas, llegan a la arqueta de salida, en la que existe la posibilidad de bombear las aguas de nuevo a la balsa DCD o a la arqueta de reparto a las balsas FMF, con lo que se consigue que las aguas pasen otra vez por el proceso completo o solo por la fase secundaria del mismo.

El agua y la materia orgánica degradada del filtro de macrofitas (Balsa DCD y Balsas FMF), pasan a la obra de salida donde se realiza la medición de caudal.

El medidor de caudal es del tipo electromagnético. Formando parte de la obra de salida hay una pequeña caseta para albergar el grupo de presión.

### 3.2.10 Extracción de fangos en exceso

En las inmediaciones del DCD existe una arqueta de donde se pueden extraer los fangos de forma periódica, mediante un camión adecuado para su transporte.

Está previsto que estos fangos, digeridos y espesados, sean gestionados hacia una EDAR próxima donde se realice la deshidratación de los mismos.

## 4 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.1 CAUDALES Y CARGAS CONTAMINANTES

De acuerdo al análisis efectuado, la población censada ha ido decreciendo cronológicamente. En el año 1991 el número de habitantes era de 615 y en 2018 la

población censada es de 370 habitantes, no existiendo industrias en el municipio y con una ligera aportación de población estacional en los meses estivales

Tal y como se justifica en el anejo correspondiente, los caudales y cargas contaminantes afluentes históricos se encuentran dentro de los considerados en el dimensionamiento de la EDAR.

Los caudales influentes aforados durante los últimos años, han sido:

MES	CAUDAL (m <sup>3</sup> /mes)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /d)
ene-16	4.600,0	148,4
feb-16	4.711,0	162,4
mar-16	4.717,0	152,2
abr-16	7.694,0	256,5
may-16	6.250,0	201,6
jun-16	2.206,0	73,5
jul-16	1.183,0	38,2
ago-16	3.537,0	114,1
sep-16	2.562,0	85,4
oct-16	3.771,0	121,6
nov-16	4.635,0	154,5
dic-16	3.908,0	126,1
ene-17	3.501,0	112,9
feb-17	3.489,0	124,6
mar-17	5.523,0	178,2
abr-17	4.579,0	152,6
may-17	4.369,0	140,9
jun-17	2.879,0	96,0
jul-17	2.700,0	87,1
ago-17	3.801,0	122,6
sep-17	2.403,0	80,1
oct-17	3.161,0	102,0
nov-17	3.646,0	121,5
dic-17	4.394,0	141,7
ene-18	4.081,0	131,6
feb-18	3.976,0	142,0
mar-18	17.320,0	558,7
abr-18	7.821,0	260,7
may-18	5.816,0	187,6
jun-18	3.890,0	129,7
jul-18	3.346,0	107,9
ago-18	4.571,0	147,5
sep-18	3.568,0	118,9
oct-18	5.930,0	191,3
nov-18	6.465,0	215,5
dic-18	4.848,0	156,4
<b>MÍNIMO</b>	<b>1.183,0</b>	<b>38,2</b>
<b>MEDIO</b>	<b>4.607,0</b>	<b>151,2</b>

MES	CAUDAL (m <sup>3</sup> /mes)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /d)
PERCENTIL 75	4.815,3	160,9
PERCENTIL 90	6.833,7	227,8

## 4.2 PROCESO DE TRATAMIENTO

### 4.2.1 Pretratamiento.

La EDAR de Los Pozuelos de Calatrava cuenta con un pretratamiento formado por un pozo de gruesos en el que se eliminan por medio de una cuchara bivalva los sólidos gruesos que llegan por el colector, posteriormente el agua se eleva mediante una estación de bombeo, se mide el caudal de entrada y el agua pasa por un tamiz rotativo que elimina gran parte de los sólidos finos. El funcionamiento del desbaste es correcto y tanto en el contenedor de gruesos como en el de finos se acumulan diariamente gran cantidad de residuos extraídos del agua residual que entra en la EDAR.

### 4.2.2 Balsa DCD (Decantador-Digestor).

Después de ser tamizada, el agua residual pasa a una balsa de decantación que se diseñó para que en ella se produjera un proceso biológico anaerobio en el que se acumularan y estabilizaran los fangos, contando en superficie con una capa aerobia con plantas macrófitas en flotación.

La balsa anaerobia DCD cumple razonablemente con su cometido, reduciendo la fracción decantable de la materia orgánica, aproximadamente el 35% de la DBO y el 50% de los SS (asociados a la DBO), pero no tiene incidencia alguna sobre la eliminación de nutrientes (N y P). El volumen de la balsa debería ser suficiente para, además de la reducción de la carga contaminante, retener los fangos en exceso y favorecer su digestión y almacenamiento para ser extraídos con una gran periodicidad, de acuerdo al programa de explotación de la EDAR.

### 4.2.3 Balsas FMF (Filtro de Macrófitas en Flotación).

De la balsa anaerobia el agua pasa a una arqueta que reparte el agua en las dos balsas FMF, en las que como indica su nombre en su superficie se han dispuesto plantas macrófitas en flotación.

Las balsas se han construido con sección trapezoidal, delimitadas por taludes de tierra, recubiertas de una lámina de polietileno que las impermeabiliza para evitar escapes de agua residual al subsuelo. Tienen unas dimensiones de 6,6 x 36,0 m en el fondo y de 12,0 x 41,4 m en superficie, con una profundidad útil de 1,50 m de lámina de agua y un resguardo de 30 cm.

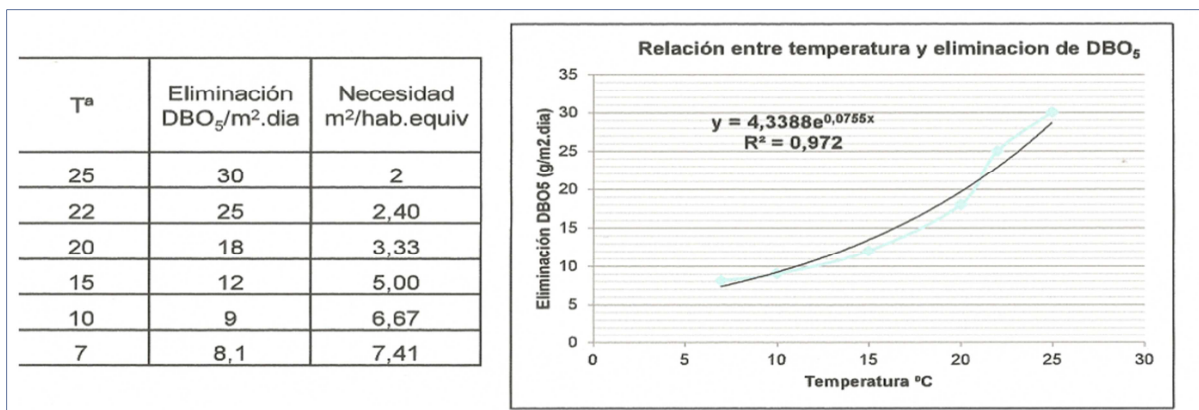
Los principales inconvenientes de diseño del proceso son:

- Las dimensiones en planta y la profundidad de las balsas imposibilitan la siega necesaria anual de las plantas y el correcto seguimiento y mantenimiento de las mismas, pues no es posible inspeccionar su estado, lo que contribuye a generar problemas como por ejemplo la acumulación de materia orgánica y la existencia de zonas donde se han presentado hundimiento de plantas que al estar totalmente

sumergidas mueren, favoreciendo la acumulación de una capa de fangos en el fondo de difícil extracción y que genera olores, lo que es bastante apreciable en determinadas épocas del año.

- Por otro lado, la elevada profundidad, favorece el flujo infra-radicular y la creación de caminos preferenciales por los que las aguas residuales discurren reduciendo el contacto con las raíces, que es en lo que se basa este proceso de depuración, y el tiempo de retención en las balsas, que reduce la capacidad del tratamiento. Esta elevada profundidad de las balsas (a partir de diferentes autores sabemos que la profundidad de las raíces de la especie “Typha” no suelen superar los 50 cm) favorece la formación de una capa de fangos en profundidad y la existencia de una nueva zona anaerobia que dificulta las condiciones aerobias con las que se debería facilitar el crecimiento bacteriano que oxidara la materia orgánica y nitrificara el agua residual.
- Defecto de diseño en cuanto a superficie de tratamiento. Si analizamos el ratio de diseño para la carga orgánica llevado a cabo en el dimensionamiento de las actuales lagunas FMF podemos establecer lo siguiente:
  - La carga contaminante promedio de diseño de entrada a la EDAR en términos de DBO se establece, según los datos de dimensionamiento, en  $250 \text{ m}^3/\text{d} \times 240 \text{ g}/\text{m}^3 = 60 \text{ kg}/\text{d}$ .
  - Estimado una reducción de la carga orgánica decantable en el DCD (decantación primaria) de aproximadamente el 33% de la DBO, valor habitualmente considerado en el diseño de plantas de tratamiento, resulta una carga contaminante influente a los FMF y que deberá ser reducida por éstos, de  $40 \text{ kg}/\text{d}$ .
  - Extrayendo, de los datos anteriores, los ratios de diseño establecidos para el dimensionamiento de la actual EDAR de Los Pozuelos, resulta: Una carga orgánica específica superficial de  $40 \text{ kg DBO}/\text{d} / 899,1 \text{ m}^2 = 44,5 \text{ g DBO}/\text{m}^2 \text{ y día}$ . La carga orgánica volumétrica sería, utilizando el volumen en vez de la superficie, de  $39,2 \text{ g DBO}/\text{m}^3 \text{ y día}$

Revisando las bases de diseño que establecen las empresas especialistas en este tipo de sistemas, así como las recomendaciones del CENTA (organismo especializado en el estudio de soluciones de depuración extensiva de pequeñas poblaciones) y los valores de dimensionamiento experimentales estudiados por la ETSIA (UPM), como desarrolladores de este sistema de depuración, se propone un valor máximo de dimensionamiento de  $12,0 \text{ g DBO}/\text{m}^2 \text{ y día}$  para conseguir los resultados de depuración requeridos, tal y como se muestra en la imagen siguiente:



**Fuente: Datos experimentales 2 años grupo Agro-energética UPM**

- Necesidad de nitrificación y desnitrificación del agua residual. La Autorización de Vertido de la EDAR de Los Pozuelos establece la necesidad de una nitrificación y desnitrificación parcial del agua residual, lo cual no es posible con el sistema de tratamiento actual.
- Necesidad de reducción del fósforo. Así mismo, en la AV se precisa la reducción del fósforo orgánico, que al igual que lo definido anteriormente para el nitrógeno, no se considera factible con las lagunas DCD seguidas de las FMF con los volúmenes y características de diseño adoptados.

Todo lo anteriormente expuesto tiene como consecuencia que el sistema de tratamiento no consiga alcanzar los rendimientos de depuración requeridos, como así lo indican algunos de los datos de rendimiento de las analíticas realizadas, ya no sólo en cuanto a la reducción de la contaminación orgánica (DBO), si no en lo referente a los denominados nutrientes (N y P), cuyo tratamiento es bastante más complejo en este tipo de sistemas de depuración extensivos.

#### 4.3 RESULTADOS DE DEPURACIÓN

Tal y como se ha mencionado anteriormente, los datos históricos de las analíticas del efluente de la EDAR muestran incumplimientos eventuales en cuanto a la reducción de la contaminación carbonada (DBO, DQO) y bastante frecuentes en la remoción de nutrientes (N y P) hasta los valores autorizados.

Habiéndose elevado a consultas los valores de reducción futuros requeridos para la renovación de la Autorización de Vertido, la Confederación Hidrográfica del Guadiana exigirá unos parámetros de reducción de nutrientes incluso más restrictivos que los actuales.

### 5 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

La solución propuesta a la mejora del rendimiento del sistema de depuración deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- El nuevo sistema de tratamiento adoptado deberá ser capaz de reducir la contaminación carbonada (DBO) así como los nutrientes (N y P) a valores de concentración inferiores a los exigidos en la Autorización de Vertido actual y la

- próxima renovación, de acuerdo al criterio marcado por la CHG.
- b) Los elementos de proceso a ejecutar deberán implantarse, a ser posible, en la superficie actualmente ocupada por la parcela de la EDAR, e incluir los elementos de proceso actuales.
  - c) La solución de tratamiento a complementar deberá estar basada en un sistema de depuración extensivo, manteniendo la filosofía de tratamiento de la EDAR existente.
  - d) El sistema de depuración propuesto deberá contar con cierta implantación en el mercado y su adopción con la garantía de cumplimiento de los rendimientos de depuración requeridos por parte del fabricante o desarrollador.
  - e) La ampliación o mejora de la EDAR supondrá un incremento mínimo en los costes de explotación y mantenimiento, resolviendo inconvenientes con los que cuenta la instalación existente, como son: la imposibilidad de poda y tratamiento de los FMF debido a la geometría de los lechos, creación de flujos preferenciales del agua residual a su paso por los elementos de proceso, etc.

Una vez analizadas las alternativas existentes en el mercado en función del cumplimiento de los objetivos planteados anteriormente, se propone la implantación de los denominados HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO VERTICAL SUBSUPERFICIAL CON AIREACIÓN FORZADA (FBA).

El sistema Forced Bed Aeration (FBA™) es una nueva tecnología de tratamiento de aguas residuales que complementa y mejora el rendimiento del tratamiento de los humedales artificiales. Esta tecnología obtiene porcentajes de eliminación de contaminantes mayores con una mayor consistencia en los rendimientos. Esta tecnología puede ser utilizada tanto en sistemas de humedales de flujo vertical como en humedales de flujo horizontal. Se basa en la premisa de que *“añadiendo aire al sistema de humedales permitimos que el sistema no tenga limitaciones de oxígeno”* incrementando así la capacidad de tratamiento hasta 15 veces. Estos sistemas pueden tratar aguas residuales con mayores niveles de DBO, SST, NH<sub>4</sub>-N y otros contaminantes orgánicos.

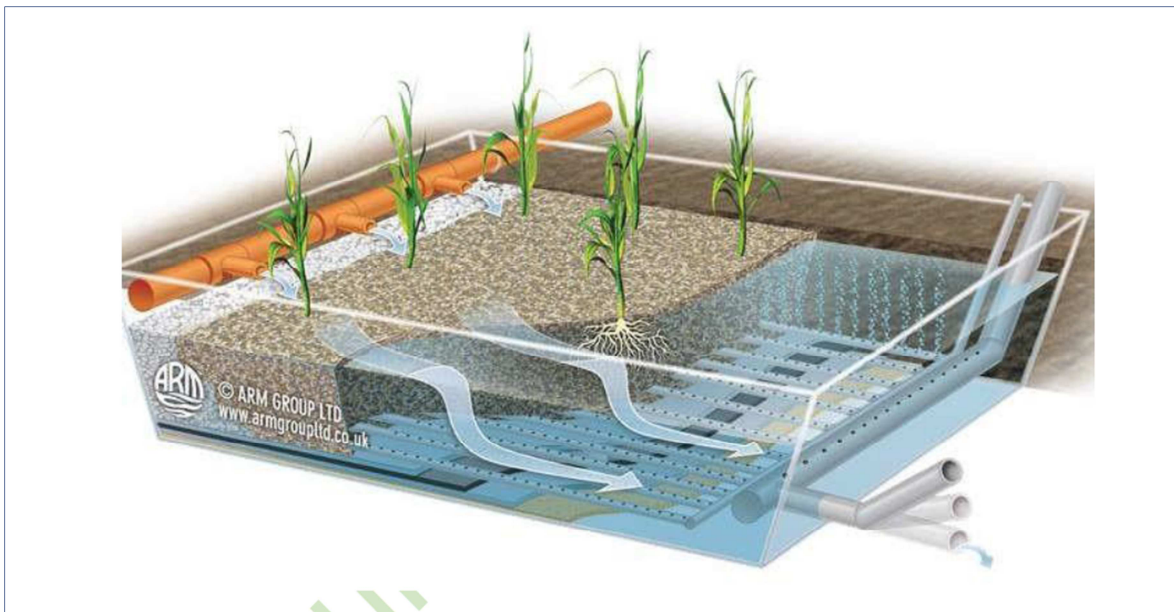
La solución propuesta consistirá en la modificación parcial de uno de los lechos FMF a un lecho equipado con sistema de aireación forzada FBA.

El nuevo sistema de humedales tendrá un flujo vertical sub-superficial en el que la circulación del agua será subterránea a través del medio granular y en contacto con los rizomas y raíces de las plantas macrófitas que se plantarán durante la construcción. Esto proporciona muchas ventajas como evitar problemas de malos olores y problemas de plagas o mosquitos.

El humedal operará por gravedad y por lo tanto no requerirá energía más que para el funcionamiento de la soplante de aireación.

El agua residual a tratar será repartida por varias tuberías de distribución localizadas en la superficie del humedal. Esto permitirá que drene uniformemente sobre el lecho, donde intercambiará el aire por agua obteniendo una gran transferencia de oxígeno que permitirá el aumento en el rendimiento de eliminación de contaminantes, y de la actividad microbiana dentro del humedal.





**Esquema Humedales Intensivos Humedales FBA (Forced Bed Aeration). Fuente: ARMLtd.**

Para la remoción del nitrógeno y gracias a la nitrificación producida en el FBA, se recircularán los nitratos al DCD donde se facultará la desnitrificación biológica del agua residual.

Por último, la reducción del fósforo orgánico se posibilitará gracias a la acción adsorbente de un lecho de arcillas expandidas del tipo "Filtralite™", las cuales deberán ser sustituidas eventualmente cuando su poder adsorbente se vea agotado.

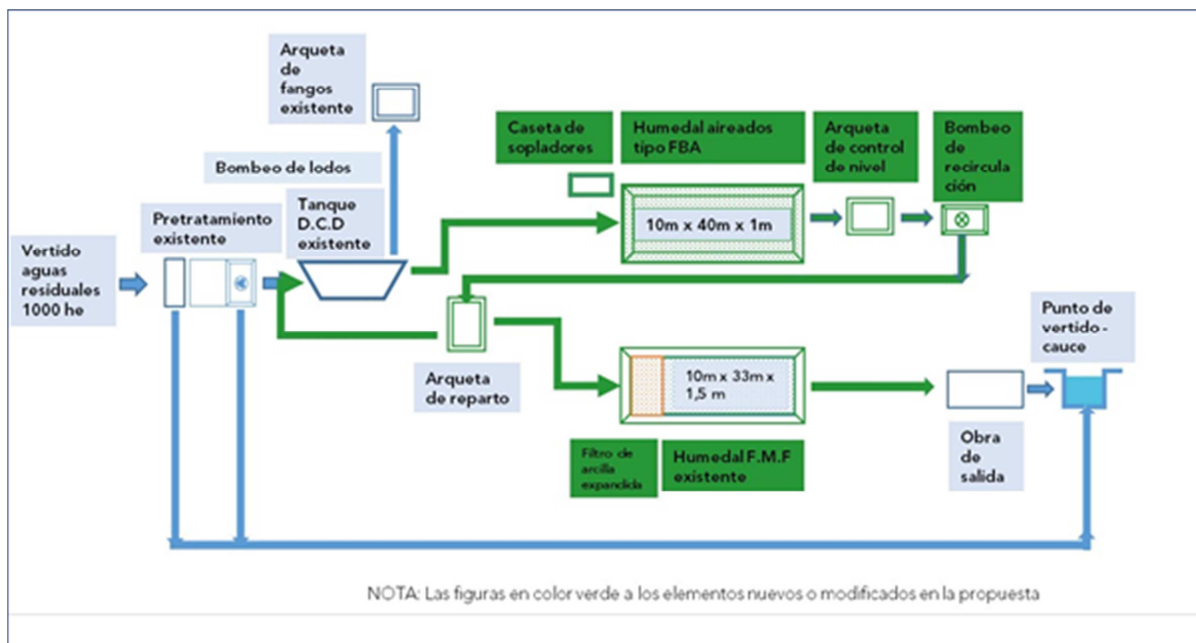
El desarrollo del tratamiento del agua residual en la EDAR reformada se mantiene sin modificaciones en las fases de pretratamiento, tratamiento primario y línea de lodos correspondientes a los procesos que tienen lugar en el pozo de gruesos, bombeo de agua bruta, tamiz rotativo, tornillo transportador y tanque DCD.

A partir de este punto, el nuevo proceso de depuración consiste en que tras el pretratamiento y tratamiento primario en el que tiene lugar la eliminación del 90% de los sólidos en suspensión, el 35% de la DBO5, y el 35% de la DQO; desde el tanque DCD, todo el volumen del efluente es conducido por gravedad al humedal de aireación forzada FBA en el que se tendrá lugar el tratamiento secundario hasta alcanzar el 91% de remoción de SST, el 95% de DBO5, el 90% de DQO, el 70% del NT y el 3% del Fósforo.

A la salida del humedal FBA se elevará mediante bombeo el 100% del agua hasta la arqueta de división de flujos, en la que el 50% será conducción por gravedad y devuelto al tanque DCD para recirculación y el otro 50% se verterá por gravedad en el filtro de arcillas expandidas en el que se terminará de retirar del agua el 80 % del contenido Fósforo Total hasta alcanzar los parámetros fijados por la normativa para este vertido.

Desde el filtro de fósforo el agua pasará por gravedad a la balsa F.M.F antes de su llegada a la obra de salida que lo conducirá al punto de vertido actual.

Por tanto, el diagrama de bloques de la solución propuesta sería:



Este proceso permitirá llegar a los parámetros legales exigidos para la evacuación de las aguas residuales del municipio de Los Pozuelos de Calatrava al Dominio Público Hidráulico, cumpliendo con el objetivo de calidad prescrito por el Organismo de Control de Cuenca.

## 6 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS A EJECUTAR

### 6.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO Y MOVIMIENTO DE TIERRAS

Se realizará la limpieza de los humedales existentes por medios manuales, mediante la retirada a pie de obra y selección para posterior reposición del material vegetal, apilado a pie de obra de las estructuras de soporte y flotación. A continuación, se hará la retirada a pie de obra de lodos acumulados en el fondo de los humedales, para su posterior transporte a vertedero.

Se ejecutarán las excavaciones y el cajeo del terreno para el alojamiento de las arquetas de control de nivel del humedal, arqueta eléctrica y base para la caseta de sopladores, con extracción y extendido de tierras en la propia parcela.

Las tierras procedentes de la excavación se depositarán para su extendido en las áreas de terraplenado y rellenos.

A continuación se efectuará la excavación y relleno posterior de las zanjas de alojamiento de tuberías:

- Zanja para conducción del agua residual desde la salida de DCD a humedal FBA (26,0 m x 0,60 m x 1,5 m).
- Zanja para conducción del agua residual desde la salida desde la arqueta de control de nivel al pozo de bombeo existente. (11,2 m x 0,60 m x 2,0 m).
- Zanja para conducción del agua depurada desde la salida del lecho filtrante a la obra de salida existente. (6,5 m x 0,60 m x 2,0 m).
- Zanja para alojamiento de conducción eléctrica (27,0 m x 0,50 m x 0,5 m).

Estas tareas se acometerán en la fase inicial de ejecución o según se vayan abriendo los distintos tajos de obra, en función de la necesidad de circulación de maquinaria y personal en el interior de la misma.

## **6.2 TRANSFORMACIÓN DE UNA Balsa FMF EN UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL CON AIREACIÓN FORZADA (Balsa FBA).**

Se proyecta la transformación de una de las dos balsas FMF (Filtro de Macrófitas en Flotación) existentes en un humedal con aireación forzada tipo FBA.

Para ello, tras la retirada y limpieza de la balsa oeste se procederá a la colocación de una nueva manta geotextil de 250 mg/m<sup>2</sup>, apertura de una nueva salida para evacuación de aguas hacia la arqueta de control de nivel proyectada, y colocación de bridas de hierro dúctil para el embridado de tubos para entrega de geo-membrana en el punto de salida para desagüe de balsa.

A continuación, se efectuará colocación de tubería rígida de salida de PVC de 200 mm de diámetro y sellado de las juntas para su impermeabilización y sucesivamente:

- Colocación de la red de drenaje en la base del humedal mediante tuberías perforadas que consistirán en un colector de 110 mm de PVC en sentido transversal de 10 m de longitud con salida con tapa de un extremo al exterior, ubicada en la cabecera norte del humedal y dos tubos similares de 39 m de recorrido longitudinal hasta la cabecera sur.
- Colocación del sistema FBA de tuberías de aireación consistente en una tubería perforada en la cabecera norte a la que se conectarán los tubos porosos para entrega de aire en el fondo de la balsa.
- Relleno del vaso de la balsa hasta una altura de 1m, con grava silíceo de tamaño 12 a 14 mm grano rodado (tipo garbancillo).
- Colocación de las tuberías de descarga del agua residual procedente de la balsa DCD Para ello se aprovecharán las tuberías de descarga existentes a las que se conectarán nuevos tramos de 6,5 m, 12,0 m, 21,0 m y 35,0 m para el reparto del influente en la superficie del humedal. En la vertical de cada una de las nuevas bocas de descarga, se colocará sobre la grava, una plancha de hormigón como salpicadero.

Para alojar las soplantes de aireación (1+1R), se propone la instalación de una caseta prefabricada de hormigón armado de dimensiones aproximadas 5,0 x 3,0 m<sup>2</sup>, dotada de una puerta metálica de doble hoja y de dimensiones suficientes para permitir la instalación de los equipos de aireación. La caseta estará dotada de alimentación eléctrica desde la red de baja tensión existente en la EDAR, mediante una línea subterránea, aislada con conductor de cobre RZ1-K 0,6/1 kV de 4x10 mm<sup>2</sup>, tubo de PVC DN 80.

Las soplantes se conectarán a la red de aire de alimentación al FBA mediante una tubería de PEAD DN 90 en la zona enterrada y AISI 304L DN 80 en la parte vista.





El influente fluirá por gravedad procedente de la arqueta de reparto por lo tanto no requerirá energía más que para el funcionamiento del soplador. La circulación del agua será subterránea a través del medio granular y en contacto con los rizomas y raíces de las espadañas procedentes de la anterior balsa FMF (*Typha latifolia*) que se replantarán.

Como ya se ha mencionado, el agua residual será distribuida por cuatro tuberías localizadas a 20-25 cm sobre la superficie del humedal y repartida uniformemente con la ayuda de placas de hormigón que funcionarán como deflectores.

Esto permitirá que drene uniformemente sobre el lecho, donde intercambiará el aire por agua obteniendo una gran transferencia de oxígeno que permitirá el aumento en el rendimiento de eliminación de contaminantes, y de la actividad microbiana dentro del humedal.

Como tubería de evacuación de crecidas se conectará la tubería que parte del actual sistema de evacuación de salida a la arqueta de control de nivel con el fin de garantizar que el nivel del agua residual no supere en ningún caso la cota de desbordamiento.

El nivel del agua estará controlado por un dispositivo localizado en la cámara de control de nivel situada a continuación aguas debajo del humedal FBA.

### 6.3 ARQUETA DE CONTROL DE NIVEL

A la salida del humedal FBA y conectada a éste mediante una tubería de 200 mm, se instalará una arqueta de dimensiones aproximadas 2,4 m x 2,4 m x 2,4 m de altura para el control de la lámina de agua en el interior del humedal. La tapa será mediante celosía tipo “trámex” para que se permita la inspección visual por parte del operador en todo momento.

La tubería de evacuación del humedal se conectará a la arqueta, acabando en forma de “L” mediante un codo giratorio de PVC anclado a la base con una brida con refuerzo.

Este tramo en “L” de tubería servirá para controlar el nivel en el interior del humedal ya que la altura de la boca de salida se podrá variar de altura subiendo o bajando manualmente el tramo vertical gracias a una cadena con anilla colgada de un gancho en la pared próxima a la boca de arqueta; lo cual a su vez permitirá regular el nivel del interior del humedal por el principio de vasos comunicantes.

También se conectará a esta arqueta, al nivel adecuado, la tubería de salida actual de la balsa, para que sirva como aliviadero de crecidas del humedal.

El efluente se evacuará a través de otra tubería del mismo diámetro con salida en el fondo de la arqueta y que llevará el agua residual al pozo de bombeo para su devolución a la arqueta de reparto situada previa a las actuales balsas.

#### **6.4 SISTEMA DE AIREACIÓN**

El sistema de aireación estará compuesto por dos (1+1R) grupos moto-soplantes de émbolos rotativos capaz de suministrar cada uno de ellos 300 Nm<sup>3</sup>/h a 2,0 mca. El funcionamiento de las mismas se controlará mediante un reloj interruptor horario que permitirá apagados y encendidos sucesivos en función de las necesidades de aportación de aire del humedal y estarán conectados al sistema de control existente en la EDAR.

Tanto el tiempo de aireación como el régimen de encendidos y apagados se podrán modificar a criterio del explotador y en función de los parámetros de funcionamiento obtenidos.

#### **6.5 TRANSFORMACIÓN PARCIAL DE LA Balsa F.M.F EN Balsa DE TRATAMIENTO DE FÓSFORO MEDIANTE FILTRO DE ARCILLAS EXPANDIDAS**

Se proyecta la transformación de la otra balsa de las dos balsas FMF existentes en una balsa para el tratamiento de fósforo mediante filtro de arcillas expandidas.

Para ello, tras la retirada y limpieza de la balsa este se procederá a la construcción de un muro de gaviones colocado transversalmente en el interior de la balsa dividiendo la longitud total del vaso en dos volúmenes separados, de los cuales el primer tercio (1/6) se destinará a contenedor de la arcilla expandida activada, de baja densidad y 0,5-4,0 mm de granulometría, para la retención de fósforo, quedando el volumen restante tal y como se encuentra en la actualidad, como balsa FMF.

El muro de gaviones estará formado por cestas de 2,0 x 0,5 x 2,0 m de enrejado de alambre de acero galvanizado de 2 mm de diámetro, de malla hexagonal de 50 x 70 mm, rellena de piedra granítica de aportación.

El relleno de arcilla se ejecutará hasta una altura de 1,5 m. El resto de los elementos de la balsa, incluidos mantas geo-textiles borduras, y tuberías de entrada y sistema de evacuación se mantendrán en su estado actual.

## 6.6 ARQUETA DE DIVISIÓN DE FLUJOS

Con el fin de elevar la cota de salida para facilitar el retorno del 50% del caudal a la entrada de la balsa DCD será necesario reformar la actual arqueta de división de flujos llevando las bocas de salida del efluente desde la cota actual de 542,55 m hasta 543,50 m (elevación de 0,95 m de las bocas de salida).

Para ello se recrecerán en altura las paredes exteriores de la arqueta, así como los tabiques separadores y vertederos en el interior de la misma, mediante fábrica de ladrillo enfoscado y fratasado exterior e interior con mortero hidrófugo.

Al mismo tiempo será precisa la realización de nuevas bases de asentamiento de las tapas de la arqueta y fijación de cercos.

Se modificarán las bocas de las tuberías de salida y la conexión de ambas con la tubería de conducción para recirculación a la balsa DCD, además de para la conexión con la tubería existente procedente de la DCD hacia el filtro de absorción de fósforo.

Finalmente se rellenarán los compartimentos de salida mediante el aporte de grava 40/80 mm hasta una altura de 0,85 m, terminando con una tapa de hormigón armado de 0,10 m de espesor.

## 6.7 POZO DE BOMBEO.

Con el fin de adaptar la cota de entrada para facilitar la llegada del agua desde el humedal FBA al pozo de bombeo, será necesario modificar la altura de la actual conducción de entrada, situada en la cota 542,10 m (embocado de tubería procedente de la balsa FMF), hasta a la cota 541,42 m.

La definición geométrica y los detalles de los diferentes elementos relacionados, así como el resto de características técnicas definidas, quedan suficientemente descritos en los planos del presente proyecto.

## 6.8 INSTALACIONES ELÉCTRICAS COMPLEMENTARIAS

Para alimentar el nuevo Cuadro Local de Aireación se efectuará una acometida mediante conductor de aislamiento 0,6/1 kV RV-K 4x 6 mm<sup>2</sup> +T desde el Cuadro de Distribución General de la Baja Tensión de la EDAR, protegido con tubería de PVC enterrada en zanja.

Este cuadro, formado por una envolvente de chapa metálica pintada, estará equipado con chasis, perfiles, placas, etc., y dotado de puerta transparente con cerradura normalizada. Dispondrá de embarrados y de los dispositivos de alumbrado, fuerza, mando y protección indicados en el esquema unifilar correspondiente y que serán, en general, interruptores automáticos magnetotérmicos. Desde este cuadro se alimentarán los distintos equipos y elementos a electrificar de las instalaciones.

Desde el Cuadro General de Baja Tensión se alimentarán los circuitos de alumbrado, iluminación y fuerza de receptores.

En la iluminación interior del edificio se ha previsto la instalación de una luminaria estanca de superficie tipo LED de 2 x 36 w, 220 V. El alumbrado autónomo de señalización y

emergencia se ha realizado con un equipo autónomo fluorescente de 6 W, de 315 lúmenes y de una hora de autonomía, situado sobre la puerta de entrada.

Los circuitos de alimentación a luminarias estarán formados por cables de cobre, tipo H07V-U, unipolares y canalizados bajo tubo rígido, grapado sobre techo o empotrado en paramentos. Los registros serán cajas de PVC con tapa de las dimensiones adecuadas..

Las secciones de cable y el diámetro de los tubos a utilizar en cada caso son los indicados en los diagramas unifilares, siendo como mínimo Cu 2 x 2,5 mm<sup>2</sup> en el alumbrado interior.

En los diagramas unifilares se recogen las distintas secciones a utilizar, siendo la sección mínima Cu 4 x 2,5 mm<sup>2</sup>, El aislamiento será en todos los casos RV 0,6/1 kV.

El diseño de la red de tierra se ha efectuado de acuerdo con los reglamentos MIE-RAT y REBT y con la normativa tecnológica NTE/IEP/1973, "Instalaciones de electricidad: puesta a tierra". Las tomas de tierra se realizarán mediante pica de acero-cobre 14 mm de diámetro y al menos 2 metros de longitud.

## 6.9 CONSIDERACIONES SOBRE LA OBRA CIVIL A EJECUTAR

Se proyectan redes de tuberías que permiten el correcto funcionamiento de todas las instalaciones de la planta. Se han proyectado las siguientes:

RED DE PROCESO	MATERIALES
LÍNEA DE AGUA	PVC
LÍNEA DE AIRE	PEAD (enterrada), AISI 304L (vista).
REBOSES Y VACIADOS	PVC CORRUGADO SN8

La urbanización, en cuanto a viales se refiere, permite el acceso a todos los puntos singulares (edificios, descarga y extracción de materiales y productos, etc.). Se ha contemplado la ejecución de un pequeño vial formado por 30 cm de zahorra artificial compactada al 95% del próctor modificado.

## 7 COSTES DE EXPLOTACIÓN

En el Anejo correspondiente se establece el incremento teórico al coste de explotación actual de la EDAR que supone la modificación proyectada, tanto en el coste fijo como en el coste variable.

## 8 PLAZO DE EJECUCIÓN

De acuerdo con lo reflejado en el anejo de programación de las obras el Plazo de Ejecución: estimado para la realización de las mismas es de CINCO (5) MESES



## **9 SEGURIDAD Y SALUD**

El presente proyecto incluye el preceptivo estudio de seguridad y salud en cumplimiento del RD 1627 del 24 de octubre de 1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

El Estudio de Seguridad y Salud servirá para dar las directrices básicas a la empresa constructora relacionadas con la Seguridad y Salud de los trabajadores en la obra de forma que se redacte el correspondiente Plan de Seguridad.

## **10 GESTIÓN DE RESIDUOS**

En el anejo correspondiente a esta Memoria, se efectúa una estimación cuantitativa y cualitativa de los residuos generados durante la ejecución de las obras.

Conforme a la normativa vigente, dichos residuos serán tratados conforme a su naturaleza, dotándose para ello una partida económica debidamente justificada correspondiente al transporte de los mismos mediante gestor autorizado y el canon de disposición o tratamiento.

## **11 CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA**

Al ser el valor estimado del contrato de obras inferior a 500.000 euros, el contratista podrá acreditar su solvencia indistintamente mediante su clasificación, o bien acreditando el cumplimiento de los requisitos específicos de solvencia exigidos en el PCAP y, en su defecto, con los requisitos y por los medios que se establecen en el apartado 4 del artículo 11 del 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.

En cualquier caso, la clasificación exigible al contratista sería:

- Grupo: K)                      Especiales
- Subgrupo: 8)                Estaciones de tratamiento de aguas.
- Categoría: 1)                Cuantía inferior a 150.000 €

## **12 DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA**

El autor manifiesta expresamente que el proyecto comprende una obra completa según lo establecido en la Texto Refundido de la ley de Contratos del Sector Público Real Decreto 3/2011 de 14 de noviembre.

Se trata de una obra susceptible de ser entregada al uso general o al servicio correspondiente, sin perjuicio de las ulteriores ampliaciones de que posteriormente pueda ser objeto, y comprende todos y cada uno de los elementos precisos para la utilización de la obra.

### **13 DOCUMENTOS DE QUE CONSTA EL PROYECTO**

El presente Proyecto comprende los documentos siguientes:

#### **DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS**

- I. MEMORIA
- II. ANEJOS A LA MEMORIA
  - ANEJO 1 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS
  - ANEJO 2 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS
  - ANEJO 3 CÁLCULOS ESTRUCTURALES
  - ANEJO 4 CÁLCULOS ELÉCTRICOS
  - ANEJO 5 GESTIÓN DE RESIDUOS
  - ANEJO 6 PLAN DE OBRA
  - ANEJO 7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
  - ANEJO 8 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD
  - ANEJO 9 ESTUDIO DE EXPLOTACIÓN

#### **DOCUMENTO Nº 2: PLANOS**

#### **DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS**

#### **DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTO**

- I. MEDICIONES
- II. CUADRO DE PRECIOS Nº 1
- III. CUADRO DE PRECIOS Nº2
- IV. PRESUPUESTOS PARCIALES
- V. PRESUPUESTO GENERAL

## 14 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Aplicando a las mediciones realizadas los precios reflejados en el Cuadro de Precios, se obtienen los diferentes presupuestos de Ejecución Material que afectados del coeficiente de Contrata, arrojan los Presupuestos que a continuación se expresan:

<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>IMPORTE (€)</b>
1	OBRA CIVIL	46.371,26
2	EQUIPAMIENTO ELECTROMECÁNICO	37.314,56
3	EQUIPOS ELÉCTRICOS	4.743,32
4	GESTIÓN DE RESIDUOS	5.828,52
5	SEGURIDAD Y SALUD	1.910,25
<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>96.167,91</b>
	13 % GASTOS GENERALES	12.501,83
	6 % BENEFICIO INDUSTRIAL	5.770,07
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (SIN IVA)</b>		<b>114.439,81</b>
	21 % IVA	24.032,36
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (IVA INCLUIDO)</b>		<b>138.472,17</b>

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO TREINTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y DOS EUROS CON DIECISIETE CÉNTIMOS.

En Ciudad Real, marzo de 2020

VºBº DIRECTOR TÉCNICO

LOS INGENIEROS AUTORES DEL PROYECTO

Fdo.: D. Julián Ramiro Gómez  
Ing. C.C.P. Colegiado nº 17.241

Fdo.: D. Miguel Ángel Jiménez Gavilanes  
Ing. Agrónomo Colegiado nº: 4.124