

SERVICIOS PARA EL CONTROL DEL
FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LAS
INSTALACIONES DE SANEAMIENTO Y
DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE
AGUAS DE CASTILLA-LA MANCHA EN LA
PROVINCIA DE CIUDAD REAL
(ACLM/00/SE/011/09)

**MEMORIA VALORADA DE LA ACTUACIÓN
EN LA EDAR DE VALDEMANCO.
4 DE JULIO DE 2016**

INDICE

1.	OBJETO DE LA MEMORIA VALORADA DE MODIFICACIÓN.....	3
2.	DESCRIPCION DE LA ACTUACIÓN.....	3
	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL AGUA BRUTA.....	3
	CARACTERÍSTICAS ESPERADAS DEL EFLUENTE	4
	DATOS DE DISEÑO.....	4
	DESCRIPCION DEL SISTEMA	5
	SOLUCIÓN ADOPTADA.....	8
3.	CÁLCULOS DE DIMENSIONAMIENTO.....	9
	BOMBEO DE AGUA BRUTA.....	9
	REACTOR BIOLOGICO.....	9
	DECANTADOR SECUNDARIO	14
	RECIRCULACIÓN Y PURGA DE FANGOS	15
	CALCULOS HIDRÁULICOS.....	16
4.	PRESUPUESTO.....	17
5.	PLANOS.	24
	ANEXO 1. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE PARTIDA	27

1. OBJETO DE LA MEMORIA VALORADA DE MODIFICACIÓN

El presente estudio tiene por objeto recoger a nivel de memoria valorada las obras necesarias para la mejora del rendimiento del sistema de depuración de la estación depuradora de aguas residuales de Valdemanco del Esteras, a petición de Infraestructuras del Agua de Castilla la Mancha.

2. DESCRIPCION DE LA ACTUACIÓN

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL AGUA BRUTA

El volumen de agua residual y las concentraciones se determinan a partir de los datos medios mensuales registrados en los años 2013-2015. Ver Anexo 1. Análisis de los datos de partida, donde se establece lo siguiente,

- Establecer como parámetro de diseño la máxima carga contaminante admisible por el tanque de aireación actual de $131 \times 200 / 1000 = 26,2$ kgDBO₅/día, lo que supone un incremento del 9,17 % respecto de la carga contaminante de proyecto $80 \times 300 = 24$ kgDBO₅/día y del 70,9 % respecto de los valores medios registrados en el periodo de explotación de 15,33 kgDBO₅/día.
- Los bombeos y el decantador se deben dimensionar también con los caudales reales que llegan, 131 m³/d.

Por tanto, los parámetros de diseño se fijan en:

Parámetro	Uds
Caudal diario	131 m ³ /d
DBO ₅	200 ppm
S.S.T.	78 ppm
Nitrógeno Total	31 ppm
Fósforo Total	3,4 ppm

CARACTERÍSTICAS ESPERADAS DEL EFLUENTE

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se ha dimensionado para alcanzar las concentraciones en el efluente de los principales parámetros indicadas en la siguiente tabla:

Parámetro	Concentración en Efluente
DBO ₅	25 ppm
Sólidos Suspendidos	35 ppm
Nitrógeno Amoniacal	≤4 ppm
Fósforo Total (*)	≤5 ppm

(*) La concentración de fósforo se puede reducir mediante la adición de un floculante por el procedimiento de la co-precipitación.

En estas plantas tan simples no es de esperar una reducción del nitrógeno total, si del nitrógeno amoniacal al elegirse un sistema de aireación prolongada.

DATOS DE DISEÑO

Caudales y carga del influente

Caudal medio diario	131 m ³ /d
Caudal medio horario	5,45 m ³ /h
Caudal medio diurno	8,50 m ³ /h
Coeficiente de punta	2,57
Caudal máximo	14,00 m ³ /h
Carga de DBO ₅ 200*131/1000=	26,20 Kg/d

Criterios para el diseño de los equipos

Velocidad de paso en el desbaste	<1.4 m/s
Carga másica (Cm)	$\leq 0.1 \text{ Kg DBO}_5/\text{Kg SSLM}$
Concentración de Sol. Suspendidos en reactor (SSLM)	3,5 Kg/m ³

Para las necesidades de oxígeno (fórmula de Eckenfelder)

a	0,652
b (Kre)	0,067

Para la transmisión de Oxígeno en el licor mezcla

Temperatura	20 °C
Altura del lugar	572 m.S.N.M.
α	0.85
β	0.98
Valores similares a los de aireadores mecánicos.	
Oxígeno disuelto en la cuba (CL)	2 mg/l
Saturación de Oxígeno a 20°C en agua limpia (Css)	9.18 mg/l
Sat. de Oxígeno a 10°C y 760 mm Hg agua limpia	11,3 mg/l

DESCRIPCION DEL SISTEMA

El sistema de tratamiento existente es una planta de aireación prolongada formada por un recipiente cilíndrico de poliéster reforzado con fibra de vidrio tras un bombeo de agua bruta y un pretratamiento formado por un tamiz. La EDAR no ha sido capaz de depurar desde que fue construida.

La secuencia de la etapa de tratamiento es:

- Bombeo y medición de caudal
- Pretratamiento
- Aireación
- Sedimentador secundario

Es precisamente el bombeo formado por dos bombas de 18 m³/h/ud la principal causa del mal funcionamiento de la EDAR que se añade a la no idoneidad del sistema de generación y difusión de aire, retorno de lodos y decantación secundaria.

Así pues no se trata de inventar un nuevo proceso sino dimensionar y sustituir algunas instalaciones no conformes, comprobando y dejando otras que puedan servir.

A continuación se describirá de manera sencilla a cada una de las etapas que conforman el tratamiento y actuaciones a realizar.

El nivel de tratamiento que se le efectuará al agua residual es del tipo secundario o biológico. El diseño realizado alcanzará una remoción del orden del 90% en sólidos suspendidos y DBO₅, siempre que se superen 100 ppm de DBO y SS en el agua bruta, y una remoción de nutrientes del siguiente orden: el nitrógeno se nitrificará por lo menos en un 85-90% y el fósforo se eliminará en un 30% aproximadamente.

Los procesos unitarios de la Planta de Tratamiento son los siguientes: Bombeo y Medición de caudal, Desbaste, Aireación y Decantación secundaria.

Bombeo

Las dos bombas existentes demasiado grandes, se deben sustituir por otras de menor caudal para no hipotecar el funcionamiento del proceso biológico y sobretodo la decantación secundaria. La medición de caudal existente es válida.

Desbaste

El tamizado del agua bruta impulsada se lleva a cabo mediante un tornillo tamiz con compactación de 3 mm de luz. Se mantendrá.

Aireación

Después del desbaste el agua residual se conduce al tanque de aireación donde se airea conjuntamente con los lodos activados, lodos recirculados del sedimentador o decantador secundario.

La aireación que se construyó se producía mediante una soplante de canal y difusores cerámicos que se han demostrado inoperantes al tupirse desde un principio. La misma soplante suministraba aire a la bomba de retorno de lodos (air-lift) produciéndose un camino preferencial a ésta en perjuicio de la aireación del tanque mediante los difusores mencionados.

Se propone cambiar a dos aireadores sumergidos de 2 Kw como se describe en la memoria del proyecto reformado de construcción y que luego no se hizo como es evidente.

Sedimentación

El decantador existente en el interior del tanque de aireación no es apropiado y debe ser desmantelado.

Posteriormente a la aireación el agua residual junto con los fangos, licor mezcla, se conduce al decantador secundario donde se distribuye radialmente hacia el vertedero del tanque. El fango se deposita en el fondo del tanque y mediante bombeo se retorna al tanque de aireación.

Se realizará un nuevo decantador secundario externo al tanque de aireación y de tamaño apropiado como se describe posteriormente.

Recirculación y purga de fangos

Se dotará a la EDAR con un depósito de fangos, donde los lodos producidos en exceso se retiran por medios externos de manera esporádica y se usan como fertilizantes en zonas agrícolas.

Se instalará una nueva arqueta de recirculación y purga de lodos que mediante grupo de bombeo retornará y purgará el fango al tanque de aireación y al depósito de fangos respectivamente, según las necesidades.

No se ha contemplado instalar ningún sistema de secado de lodos, debiéndose transportar a otra EDAR dotada del mismo si ese es el deseo final.

SOLUCIÓN ADOPTADA

Se propone;

Bombeo de agua bruta.

Instalar 2 bombas sumergidas de paso integral dotadas de variador de frecuencia que aseguren un máximo de caudal de 8,5 m³/h/ud.

Reactor Biológico

Mantener el tanque de aireación existente, garantizando su volumen íntegro de 80 m³ como tanque de aireación, para lo que se desmantelará su decantador interior.

Instalar 2 aireadores sumergidos con una potencia de 2 KW cada uno.

Decantador Secundario

Instalar un decantador cilindro-cónico de PRFV con un diámetro de 5 m y de volumen 37,12 m³, un cilindro de 1,35 m de altura (1,00 m sumergidos y 0,35 m de resguardo) y un cono de 3,5 m de altura en pendiente igual o superior a 55°.

Instalar una conducción de material plástico que parta desde el extremo del tanque de aireación al decantador con un diámetro mínimo de 125 mm.

Cilindro deflector con diámetro igual o superior a 0,50 m cuya cota inferior esté a más de 1,75 m de la solera de la parte cónica.

Instalar un vertedero perimetral con 4 escotaduras por metro lineal, ancho y profundidad del canal de recogida de 0,125 m como mínimo y desagüe en la solera del canal.

Recirculación y purga de fangos.

Realizar arqueta de hormigón de las dimensiones necesarias para disponer, para la purga y recirculación, 3 bombas (1 de ellas en reserva), dos de ellas dotadas con variadores de frecuencia que aseguren un caudal de 5,50 m³/h como máximo y una conducción de PVC de diámetro igual o superior a 80 mm, tanto para la purga como para el retorno de fangos al tanque de aireación.

Adecuar la impulsión mediante juego de válvulas que permita que las 3 bombas instaladas puedan realizar tanto la función de recirculación como la de purga de fangos.

3. CÁLCULOS DE DIMENSIONAMIENTO.

BOMBEO DE AGUA BRUTA

Se instalarán en el pozo de bombeo existente 2 bombas sumergidas de paso integral de 8,5 m³/h y altura apropiada para alcanzar el tamiz de pretratamiento existente. Si hubiera espacio en el pozo de bombeo existente se instalará una tercera en reserva.

El bombeo irá dotado con variador de frecuencia que permita trabajar a la velocidad adecuada en función del caudal a tratar.

El funcionamiento será por nivel entrando una bomba tras otra y alternando automáticamente su orden.

REACTOR BIOLOGICO

Se comprueba el funcionamiento del tanque existente de 80 m³ una vez desmantelado su decantador interior.

Para una oxidación total ($CM \leq 0.1$ Kg DBO₅/kg SSLM/d) y una concentración de lodos en el reactor de SSLM = 3,5 Kg/m³ se requiere de un volumen:

$$V_{reactor} = \frac{Kg\ DBO_5\ aplicados}{CM \times SSLM}$$

$$V_{reactor} = \frac{26.20}{0.1 \times 3,5} = 74,85\ m^3 < 80m^3$$

En base al volumen existente el tiempo de retención hidráulico en el tanque será:

A Q medio

$$\Theta = \frac{V_{reactor}}{Q_{medio}}$$

$$\Theta = \frac{80\ m^3}{131\ m^3/d}$$

$$\Theta = 0,61\ días = 14,7\ horas$$

A Q diurno

$$\Theta = \frac{V_{\text{reactor}}}{Q_{\text{medio}}}$$

$$\Theta = \frac{80 \text{ m}^3}{8,5 \text{ m}^3/\text{h}}$$

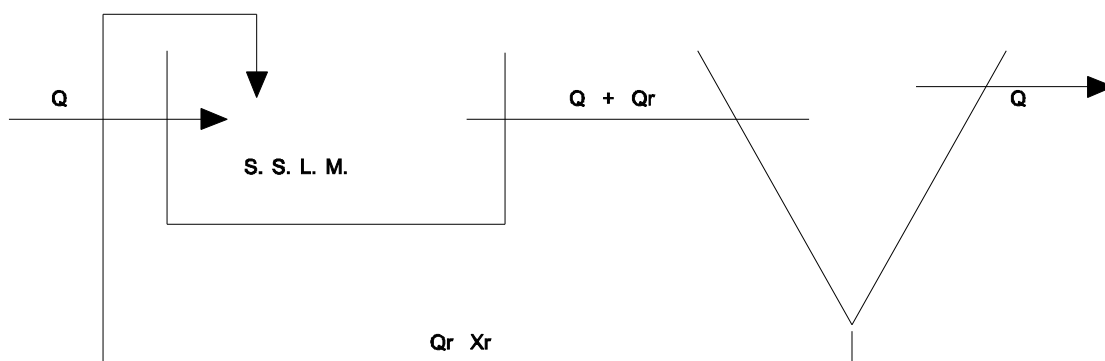
$$\Theta = 9,41 \text{ horas}$$

A Q max

$$\Theta = \frac{V_{\text{reactor}}}{Q_{\text{máximo}}}$$

$$\Theta = \frac{80 \text{ m}^3}{14 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\Theta = 5,7 \text{ horas}$$



El tiempo medio de retención celular (Θ_c) o Edad del Fango que se puede obtener viene dado por la siguiente ecuación:

$$\frac{I}{\Theta_c} = \text{MAX} \left(0; Y X \frac{Q_{\text{medio}}}{SSLM} \frac{(S_o - S_e)}{V_{\text{reactor}}} - kd \right)$$

Donde

S_o = Concentración de DBO_5 en el influente (Kg/m^3) 0.200

S_e = Concentración de DBO_5 en el efluente (Kg/m^3) 0.025

Y = Coeficiente de producción (mg/SSV mg/DBO_5) Valor típico 0.6

k_d = Coeficiente de descomposición endógena ($días^{-1}$) Valor típico 0.06

$$\frac{I}{\Theta_c} = MAX(0; 0.6 \times \frac{5,46 m^3/h \times 24 h/d \times (0.200 - 0.025)}{3,5 \times 80} - 0.06)$$

$$\frac{I}{\theta_c} \approx 0$$

$$\theta_c \approx \infty$$

La edad del fango es muy grande como corresponde a una “oxidación total”

Para calcular la recirculación, se efectúa el balance de materia, que a continuación se muestra:

Balance de masa:

$$(Q + Q_r) SSLM = Q_r X_r$$

$$(1 + \frac{Q_r}{Q}) SSLM = \frac{Q_r}{Q} X_r$$

$$SSLM + \frac{Q_r}{Q} (SSLM - X_r) = 0$$

$$\frac{Q_r}{Q} = \frac{SSLM}{X_r - SSLM}$$

Donde consideramos a $X_r = 10,000$ mg/l , se obtiene:

$$\frac{Q_r}{Q} = \frac{3,5}{10 - 3,5}$$

$$\frac{Q_r}{Q} = 0.538$$

$$(\%) \frac{Q_r}{Q} = 53,8 \%$$

La purga de fangos será como máximo de acuerdo con Huiskens de:

$$Purga = 1,2 \times CM^{0.23} DBO \text{ reducida}$$

$$Purga = 1,2 \times 0.1^{0.23} \times 131 \times (0,200 - 0,025)$$

$$Purga = 16,20 \text{ Kg/día}$$

Para obtener la capacidad de aireación necesaria, se tiene lo siguiente:

Necesidades de aire según Eckenfelder:

$$O_2 = a \times \frac{r}{100} \times L + Kre \times Vreactor \times SSLM +$$

$$+ 4.57 \times (NH_3 - N_2) \times \frac{Qd}{1000}$$

En nuestro caso:

$$a = 0.652$$

$$Kre = 0.067$$

$$L = 26,20 \text{ kg DBO}_5/\text{d}$$

$$\text{Nitrogeno nitrificable } \approx NH_3 = 19 \text{ mg/l}$$

$$O_2 = 0.652 \times \frac{90}{100} \times 26,2 + 0.067 \times 80 \times 3,5$$

$$+ 4.57 \times 19 \times \frac{131}{1000}$$

$$O_2 = 15.38 + 18.76 + 11.37 = 45.51 \text{ Kg } O_2 / \text{ Día}$$

Pasando estas necesidades de Oxígeno a condiciones estándar tendríamos:

Temperatura: 20°C

Altura del lugar: 572 m.s.n.m.

$$\alpha = 0.85$$

$$\beta = 0.98$$

Oxígeno disuelto en la cuba (CL) = 2 mg/l

Saturación de Oxígeno a 20°C en agua limpia (C_{ss}) = 9.18 mg/l

Factor de presión (P = P lugar/ P.N.M.) = 0.93

Factor de Temperatura (T = 1.025^(t-20)) = 1

$$\alpha \times (\beta \times C_{ss} \times P - CL)$$

Coeficiente de Transferencia = _____ ≈ 0.59

$$C_s \times T$$

Luego O₂ (C.S.) = 45.51/0.59 = 77.14 Kg O₂/d

Y la potencia necesaria para aireador sumergible formado por bomba +eyector siendo conservadores:

- Rendimiento: ≈1.0 Kg O₂/ KW h

$$77.14$$

- Potencia de aireación: _____ ≈ 3,22 KW

$$24 \times 1.0$$

$$30 \times 80$$

- Potencia mínima de agitación (30 W/m) = _____ = 2.4 KW

$$1,000$$

Se dispone:

1 Tanque de V = 80 m³ (EXISTENTE)

2 Aireadores sumergidos de 2.0 KW /unidad a instalar

El funcionamiento de los aireadores puede ser operado temporizadamente sin problemas de atascamiento como ha sucedido hasta ahora. Además se podrá intentar una eliminación de nitratos en caso necesario, lo que en instalaciones similares vecinas no ha sido requerido en sus autorizaciones de vertido.

DECANTADOR SECUNDARIO

La superficie mínima se determina por:

Carga superficial a Q medio	$\leq 0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
Carga superficial a Q máximo	$\leq 0.9 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
Se obtiene para Q medio una superficie de	10,92 m ²
y para Q máximo de	15,55 m ²

Se selecciona un tanque de las siguientes dimensiones: > 4,45 m Ø, se toma 5 m Ø y una superficie de 19,6 m² con lo que se satisfacen las necesidades a todos los caudales.

La sección del decantador será cilindro-cónica, con un cilindro de altura $h_1 \geq 1 \text{ m}$ (0,30 m de resguardo y 0,70 m sumergidos) y un cono de $h_2 = 3,5 \text{ m}$ que asegura suficiente pendiente ($\alpha > 55^\circ$) para que resbalen bien los fangos.

La conducción de comunicación del tanque de aireación y el decantador tendrá un diámetro mínimo de 125 mm de Ø y partirá directamente del extremo del tanque de aireación a una altura de 2,25 m sobre el fondo acometiendo horizontalmente al cilindro deflector central del decantador.

El diámetro del cilindro deflector será $\geq 0,5 \text{ m}$ y su cota inferior deberá estar a más de 1,75 m de distancia sobre la cota del vértice del cono del decantador.

El vertedero perimetral tendrá 4 escotaduras por metro y no poseerá deflector. El canal de recogida tendrá un ancho y profundidad bajo el vértice del vertedero mínimos de 0,125 m y desaguará por el fondo, por su solera, quedándose en seco a $Q=0$.

Con un volumen de decantación de 37,12 m³ se tendrá unos tiempos de retención de:

A caudal máximo $Tr = 2,65 \text{ horas}$

A caudal medio $Tr = \text{de } 6,80 \text{ horas}$

El material propuesto es el PRFV, como el del tanque existente. Se preverán los correspondientes anclajes y lastres para evitar su flotación en caso de presencia de agua en el subsuelo próximo.

RECIRCULACIÓN Y PURGA DE FANGOS

Se instalarán, en la arqueta de recirculación, tres bombas de las mismas características, 1 bomba para recirculación, 1 bomba para purga y 1 bomba de reserva. Se instalará el juego de válvulas necesarias para que, en caso de avería, cada una de las bombas pueda realizar ambas funciones.

Aunque se ha determinado que bastaría un 53 % de Q_m como caudal de recirculación de fangos, se dispondrá una bomba de paso integral dotada de variador de frecuencia que asegure un caudal (1R) de 5,5 m³/h a 3 m.c.a y una conducción ≥ 80 mm de \varnothing que cada una representa el 100% de Q_m .

Para la purga se dispondrá una bomba de paso integral dotada de variador de frecuencia que asegure un caudal (1R) de 5,5 m³/h a 9 m.c.a y una conducción de ≥ 80 mm de \varnothing .

CALCULOS HIDRÁULICOS

Debido a la simplicidad de la planta las únicas pérdidas de carga apreciables serán las producidas en la rejilla de desbaste y en el vertedero del decantador secundario, que son las que a continuación se señalan:

1.- Pérdida en la rejilla

$$h = \alpha X \frac{V^2}{2g} = 0.7 X \frac{1.4^2}{2g} = 0.04 \text{ m}$$

Como no se actúa sobre ella y se disminuye el caudal no hay que tomar medidas adicionales.

2.-Pérdidas en el vertedero del decantador secundario

$$h = 33.67 q^{0.4} = 18,37 \text{ mm}$$

$$q = 14 \text{ m}^3/\text{h} / (5 \cdot \pi \cdot 4) = 14/62 = 0,22 \text{ m}^3/\text{h}/\text{escotadura}$$

$$h = 33,67 \cdot 0,22^{0,4} = 18,37 \text{ mm}$$

en todo caso menos de 3 cm que se usa habitualmente.

La cota de los vértices del vertedero del decantador secundario se dispondrá a más de 20 cm bajo la clave del tanque de aireación lo que cubre esta pérdida y la provocada en la conducción aireación-decantador que es del mismo orden.



Alfredo Montes Rodriguez

Ingeniero de Caminos, Canales
y Puertos.



5. PLANOS.

TORNILLO

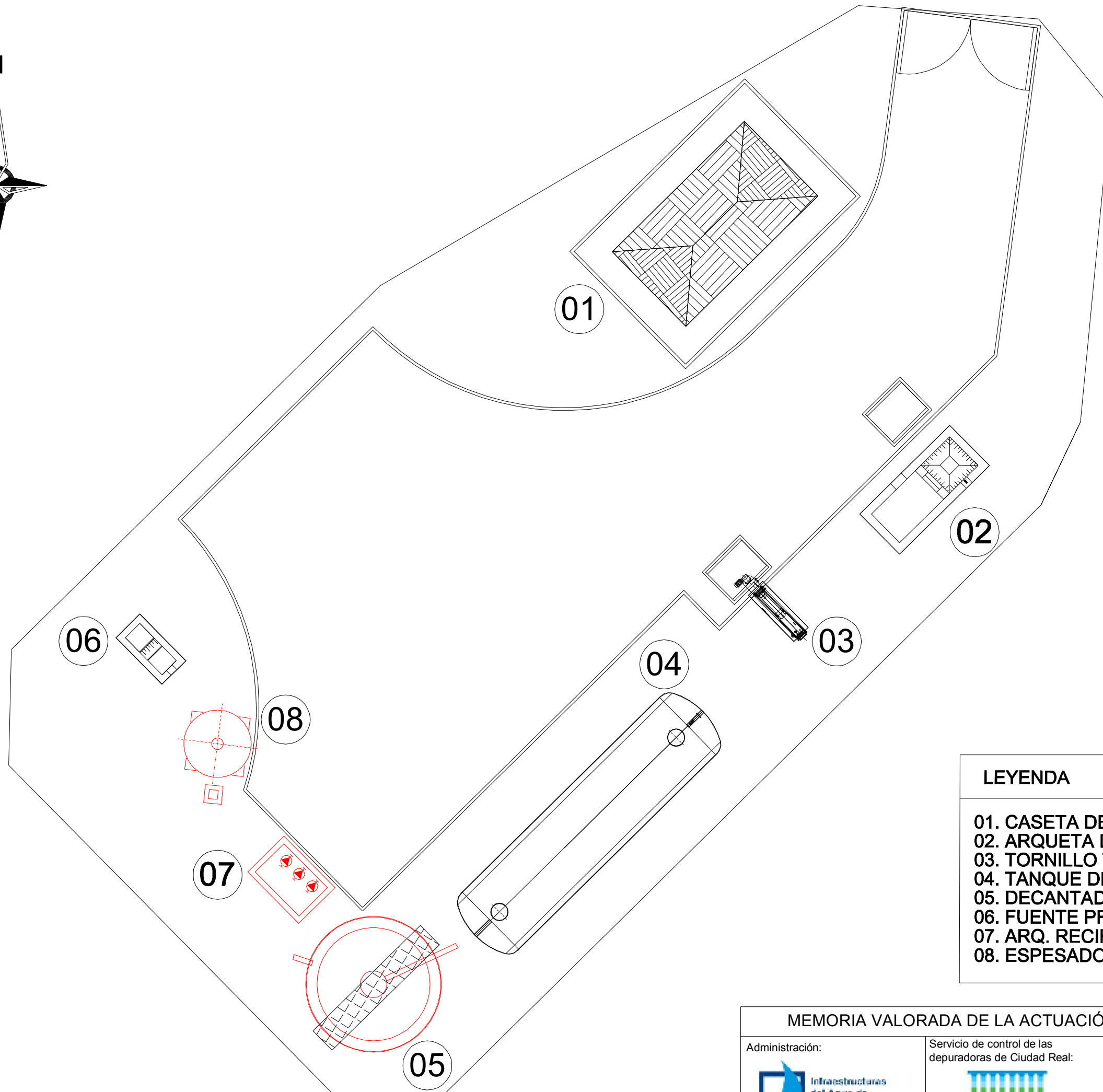
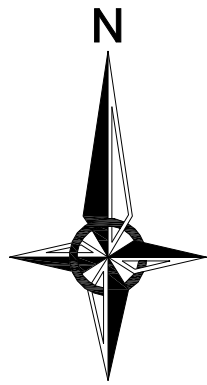
Nºuds=1 Ud.



**Infraestructuras
del Agua de
Castilla-La Mancha**
Cuidamos de nuestras aguas



ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



LEYENDA

- 01. CASETA DE CONTROL
- 02. ARQUETA DE LLEGADA
- 03. TORNILLO TAMIZ
- 04. TANQUE DE AIREACIÓN
- 05. DECANTADOR
- 06. FUENTE PRESENTACIÓN
- 07. ARQ. RECIRC. Y PURGA
- 08. ESPESADOR DE FANGOS

MEMORIA VALORADA DE LA ACTUACIÓN EN LA EDAR DE VALDEMANCO

Administración:



Servicio de control de las
depuradoras de Ciudad Real:



Plano:

IMPLANTACIÓN