

ANEJO

**CÁLCULO JUSTIFICATIVO DEL DIMENSIONAMIENTO Y
EXPLOTACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA ESTACIÓN
DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES**

Emplazamiento: C/NIZA-4º FASE URBANIZACIÓN
CARAQUIZ, UCEDA (GUADALAJARA)

ÍNDICE

1.-	ANTECEDENTES Y OBJETO DEL ESTUDIO.	2
2.-	DATOS DE PARTIDA Y RESULTADOS A OBTENER	2
2.1.-	RESUMEN DE LOS DATOS DE PARTIDA	2
2.2.-	RESUMEN DE LAS VARIABLES DE DISEÑO	2
2.3.-	RESULTADOS A OBTENER.....	3
3.-	SOLUCIÓN ADOPTADA. DEFINICIÓN DEL PROCESO DE DEPURACIÓN.	3
3.1.-	CONSIDERACIONES GENERALES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.	3
3.2.-	IMPLANTACIÓN	4
3.3.-	DEFINICIÓN DEL PROCESO DE DEPURACIÓN	5
4.-	DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE TRATAMIENTO	6
4.1.-	OBRA DE LLEGADA POZO DE BOMBEO.	6
4.2.-	PRETRATAMIENTO	7
4.3.-	HOMOGENIZACIÓN.....	9
4.4.-	TRATAMIENTO BIOLÓGICO	10
4.5.-	MEDICIÓN CAUDAL Y ARQUETA DE TOMA DE MUESTRAS	18
4.6.-	ESPESAMIENTO DE FANGOS POR GRAVEDAD..	19
I.	PLANOS.....	.
	

1.- ANTECEDENTES Y OBJETO DEL ESTUDIO.

En el presente anejo se describen los cálculos funcionales de la Estación Depuradora proyectada para la ampliación de la Urbanización Caraquiz, que estará situada en la localidad de Uceda (Guadalajara).

2.- DATOS DE PARTIDA Y RESULTADOS A OBTENER

2.1.-RESUMEN DE LOS DATOS DE PARTIDA

Las variables de diseño de la estación depuradora se basan en los siguientes datos:

Población equivalente (hab.eq)	3.500
Dotación (l/hab.eq/día)	200

2.2.-RESUMEN DE LAS VARIABLES DE DISEÑO

En función de los datos de uso y ocupación de la superficie, así como los criterios generales anteriormente señalados, se obtienen las siguientes variables de diseño necesarias para el dimensionamiento de la E.D.A.R.:

Población de zona residencial (Hab)	3.500
Caudal diario de zona residencial (m ³ /día)	700
Coeficiente punta	2,4
Caudal horario máximo (m ³ /h)	70
Caudal horario medio (m ³ /h)	30

En cuanto a los datos de contaminación, se estiman los que siguen:

Carga media DBO₅ (mg/l)	300
Carga media S.S. (mg/l)	350
Carga media NTK (mg/l)	35
Carga media P (mg/l)	15

2.3.-RESULTADOS A OBTENER

Las características que presentarán el agua tratada y los fangos producidos serán:

DBO₅ (mg/l)	< 25
DQO (mg/l)	< 125
S.S. (mg/l)	< 35
Fósforo total (mg/l)	< 2
Nitrógeno total (mg/l)	< 15
Sequedad del fango (% en peso de materia seca)	> 20
Reducción MV (% de materia volátil)	> 40

3.- SOLUCIÓN ADOPTADA. DEFINICIÓN DEL PROCESO DE DEPURACIÓN.

3.1.-CONSIDERACIONES GENERALES DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.

El proceso de depuración se ha proyectado teniendo en cuenta, entre otros, los siguientes criterios:

Dimensionamiento de todos los elementos de la planta para la población establecida.

Ajuste a los parámetros de diseño, condiciones de funcionamiento, normas constructivas y calidades de materiales adecuadas para el proceso.

Distribución de todos los elementos de la planta, atendiendo a la secuencia lógica del proceso, al punto de llegada de agua bruta y evacuación del efluente, a las características topográficas y geotécnicas del terreno, a la facilidad de explotación, y a la situación de servicios generales.

Flexibilidad en el dimensionamiento de los elementos, que permite absorber las variaciones que pudieran presentarse sobre las bases de diseño indicadas en el anterior apartado.

Modulación que permite seleccionar las líneas de tratamiento necesarias para hacer frente a posibles fluctuaciones estacionales de contaminación y de caudal.

Dotación de los elementos de reserva necesarios y homogeneidad entre las diversas unidades, a fin de posibilitar su intercambiabilidad y facilitar las operaciones de mantenimiento y explotación.

3.2.-IMPLANTACIÓN

Para conseguir una implantación óptima, adecuada a las características topográficas de la obra, se ha adoptado una cota fija de urbanización situada a la cota de explanación de la parcela.

Además, la implantación adoptada aporta las siguientes ventajas:

- Se han agrupado los elementos relacionados entre sí en áreas claramente diferenciadas, para reducir las complicaciones de trazado, así como la longitud de las interconexiones.
- Accesos suficientes que faciliten el reconocimiento de las áreas de trabajo, así como el acceso a las diversas instalaciones, de la forma más cómoda posible.
- Se han agrupado zonas donde se realizarán retirada de residuos de la planta (detritus, arenas y grasas).

3.3.-DEFINICIÓN DEL PROCESO DE DEPURACIÓN

LÍNEA DE AGUA.

Obra de llegada, desbaste y bombeo de agua bruta.

Medida de caudal de agua bruta con caudalímetro electromagnético.

Filtración mediante tamiz de cepillo de 3 mm de paso.

Desarenado con extracción de arenas lavadas mediante tornillo sinfín horizontal de arrastre y tornillo de elevación.

Desengrasado mediante bomba de cavitación sumergida y separación de grasas mediante mecanismo de barredor superficial y concentrador de paletas.

Homogenización agitada.

Dos líneas de tratamiento biológico mediante reactores Secuenciales (SBR) de llenado alternativo.

Sistema de adición de coagulante para la precipitación química de fósforo.

Sistema de aireación mediante 1 aireador sumergido por línea.

Salida de agua tratada, con medición previa de caudal y restitución a cauce.

LÍNEA DE FANGOS.

Bombeo de fangos en exceso mediante una bomba sumergible por línea.

Espesamiento por gravedad de los fangos en un espesador.

4.- DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE TRATAMIENTO

4.1.-OBRA DE LLEGADA POZO DE BOMBEO.

En la entrada a la EDAR existirá un pozo de llegada donde se recogen las aguas residuales y las pluviales, y en el cual existe un alivio de pluviales.

Posterior al pozo de llegada se realiza un canal de desbaste de gruesos, con reja automática de luz de paso 10 mm y altura de descarga 1,20 metros sobre el nivel del terreno.

Tras el canal de desbaste se encuentra el pozo de bombeo, donde la elevación de agua bruta se realiza mediante 1+1R bombas centrifugas sumergibles. El bombeo es capaz para elevar la totalidad del caudal máximo de pretratamiento. La modulación es de una unidad más otra de reserva de igual característica que la anterior.

Se dispone de un caudalímetro electromagnético para medir el caudal bombeado de agua bruta. Se incorporará al pozo de bombeo del medidor de nivel (boyas de nivel de aguas residuales) necesario para el correcto funcionamiento de los equipos con los mecanismos que permiten que éste actúe indistintamente sobre cualquiera de las bombas.

BOMBEO

Tipo de bomba	Sumergible
Configuración	1+1R
Caudal (m ³ /h)	70
Altura (m.c.a.)	6,5
Rodete	Monocanal abierto

4.2.-PRETRATAMIENTO

El desbaste, desarenado y desengrase se realiza en un equipo compacto mediante el empleo de un tamiz de cepillo, separación de arenas lavadas mediante tornillo sinfín horizontal de arrastre y tornillo de elevación, y flotación de grasas con aireación mediante bomba de cavitación y arrastre con un sistema de paletas de superficie.

Las instalaciones de este tipo permiten efectuar los tratamientos anteriormente mencionados en un único equipo y para caudales punta de entrada.

Las aguas residuales se introducen desde la tubería a través de la brida de entrada al equipo. Los sólidos que contiene el líquido quedan

atrapados en el tamiz de cepillo.

El líquido que atraviesa la criba entra en una tolva donde, optimizada por la introducción de aire, se produce la sedimentación de la arena existente. Un sinfín se encarga de su deshidratación y descarga en el contenedor diseñado a tal efecto.

En el recinto se produce el proceso de "flotación" de las sustancias grasas existentes mediante las microburbujas introducidas por la bomba de cavitación, un barredor de rasquetas acumula y extrae las grasas separadas.

PRETRATAMIENTO

Tipo de equipo	Equipo compacto tamizado, desarenador y desengrase
Caudal nominal para agua limpia (m ³ /h)	112
Diámetro del elemento filtrante	1.000 mm
Ancho del elemento filtrante	500 mm
Luz de paso	3 mm
Velocidad de paso de diseño	1 m/s
Superficie útil de filtración	0,31 m ²
Potencia instalada	0,18 KW
Desarenado/desengrasado	
Dimensiones exteriores (m)	8,45 x 1,50 x 2,70
Diámetro del transportador horizontal	140 mm
Potencia accionamiento transportador horizontal	0,37 KW
Diámetro del extractor de arenas	140 mm
Potencia accionamiento extractor de arenas	0,75 KW
Ancho útil del mecanismo barredor de grasas	1400 mm
Longitud total del mecanismo	2.430 mm

barredor de grasas	
Potencia instalada mecanismo	
barredor de grasas	0,11 KW
Tipo de equipo	Bomba de cavitación
Material	Fundición
Potencia del motor	0,75 KW

4.3.-HOMOGENIZACIÓN.

Se realiza una homogenización del vertido que permite trabajar a caudal medio en el proceso biológico, aumentando así su rendimiento. El depósito de homogenización absorbe las puntas que se producen en el vertido. El agua acumulada es bombeada al tratamiento secundario cuando el caudal es inferior al caudal medio, por ejemplo durante la noche. Este modo de funcionamiento permite optimizar el funcionamiento del reactor secundario, minimizando el volumen necesario y minimizar a su vez el consumo eléctrico tanto en el bombeo de homogenización como en el propio proceso biológico.

4.4.-TRATAMIENTO BIOLÓGICO

4.4.1.- REACTOR BIOLÓGICO.

Se opta por la instalación de un **reactor secuencial (SBR)** basado en el tratamiento biológico por fangos activados a baja carga. Se contempla la instalación de dos reactores biológicos, de funcionamiento continuo durante las 24 h al día durante los siete días de la semana. Se realiza cuatro ciclos por reactor, con tres horas de llenado.

El tipo de reactor ha sido seleccionado sobre todo por su óptima flexibilidad ante variaciones de carga y caudal, así como por su facilidad de control ante cualquier problema bacteriano. Además se tiene una alta flexibilidad en la instalación completa, ya que este tipo de reactores permiten una ampliación modular de la instalación en el caso de un aumento de la producción.

En el mismo reactor biológico se realiza además la homogeneización del vertido, ya que se realiza una carga del reactor y el vertido no sale hasta que se ha completado el proceso de depuración. La recirculación que se emplea en los reactores biológicos continuos convencionales no será necesaria al encontrarse toda la biomasa suspendida en el reactor y ser los procesos de nitrificación y desnitrificación realizados en el mismo recinto.

Siguiendo los parámetros de diseño más óptimos en cuanto a la minimización de terreno ocupado y ahorro de obra civil, se han proyectado dos balsas tipo rectangular más una cámara de descarga y acumulación previa a la filtración que recoge el vertido depurado procedente de los decanter.

El calado adoptado es de 4 m, con un resguardo de 0,5 m. Como medida para una minimización de la obra civil necesaria se consideran reactores semienterrados.

La entrada al reactor biológico consistirá en un colector común en PVC equipado de válvulas de guillotina de accionamiento neumático que conducirán al vertido a un reactor u a otro. La entrada se realizará

mediante una tubería perforada situada en el fondo del reactor. Este sistema está especialmente diseñado para evitar el levantamiento de lodos, permitiendo seguir introduciendo vertido mientras se evacua el agua tratada.

La salida del licor mezcla se realiza en el lado opuesto a la entrada, mediante un vertedero sumergido de salida flotante. De esta forma evitaremos escapes de sólidos flotados en el reactor y se podrá extraer el efluente clarificado una vez ha sido decantada la biomasa en el reactor.

Este especial diseño de la alimentación y de la extracción permite la alimentación simultánea a la extracción, lo cual confiere al sistema una alta versatilidad, y permitiendo, por ejemplo, adaptar el funcionamiento a la población existente en cada época del año.

El dimensionamiento del reactor es tal que permite trabajar a diferentes niveles de DQO de salida y producción de fangos.

Tras su depurado, no es necesario someter el vertido a un decantador secundario para separar los flóculos del agua clarificada, ya que al parar los equipos de agitación, se convierte el reactor en un enorme decantador estático. Dicha capacidad de separación hace que sea posible una gran concentración de sólidos en el reactor.

Tras la decantación se extrae de forma automática el agua clarificada de la superficie mediante un sistema propio de extracción flotante que asegura la extracción del agua que está a unos pocos centímetros de la superficie para no extraer posibles lodos flotados.

La línea basada en el sistema de depuración biológico SBR (*Sequencing Batch Reactor*) presenta las siguientes ventajas:

- Al existir dos reactores con ciclos alternativos, el llenado se realiza de forma continuada en el tiempo.

- No existen decantadores externos como en los sistemas continuos, ya que el propio reactor funciona como un gran decantador, reduciéndose el espacio necesario para la planta.
- Debido a la posibilidad de control de los tiempos de ciclo, se consigue una enorme flexibilidad y adaptabilidad a los diferentes regímenes de funcionamiento (temporadas baja-media-alta), optimizando así los costes de operación, tanto eléctricos como de gestión de fangos. En los sistemas continuos, en cambio, el tiempo de reacción viene determinado por el volumen de la balsa, obviamente inalterable.
- Del mismo modo, se evitan problemas relacionados con la biomasa gracias a la posibilidad de seleccionar cinética y metabólicamente la misma mediante sucesiones de etapas óxicas y anóxicas. Así se evita la proliferación de bacterias filamentosas, tan usuales en sistemas continuos que funcionan en condiciones fuera de diseño.
- El sistema de aireación posee un alto rendimiento, reduciéndose el consumo energético. Por otra parte, al ser un sistema sumergido, evita la formación de aerosoles y los malos olores a ellos asociados.

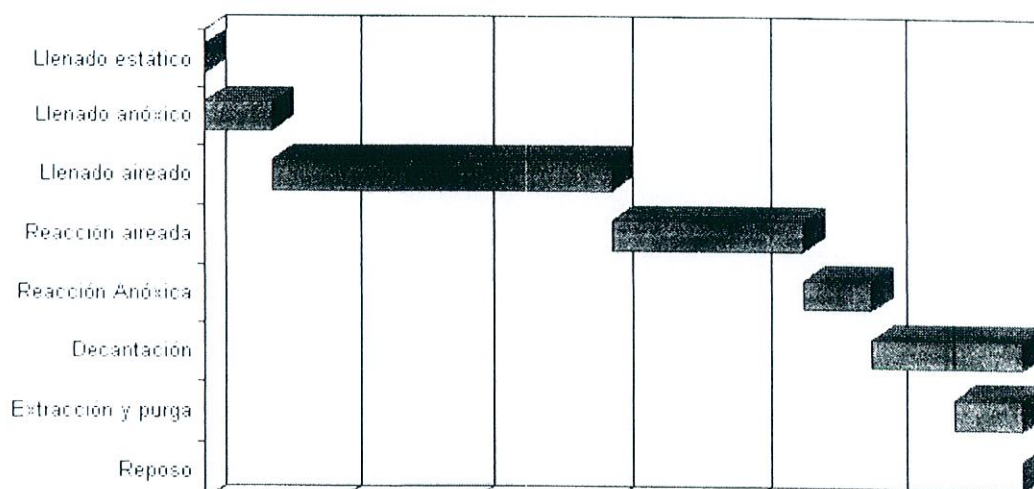
A.- DIMENSIONAMIENTO DEL PROCESO BIOLÓGICO

El proceso adoptado es el de reactores secuenciados, que operarán de forma simultánea con llenados alternativos de los reactores en 4 ciclos de 6 horas de duración cada uno.

La programación inicial de tiempos es la siguiente:

• N° reactores	2	
• N° ciclos por reactor	4	
• Tiempo de cada ciclo (h)		24
• T llenado estático (h)	0	
• T llenado anóxico (h)	0'5	
• T llenado aireado (h)	2'5	
• T llenado total (h)	3	
• T reacción aireada (h)	1'4	
• T reacción anóxica (h)	0'5	
• T decantación (h)	0'6	
• T extracción de purga (h)		0'5
• T de reposo (reserva)	0	
• T total (h)	6	
• T aireación (h)/ciclo	3'9	

El esquema de ciclo viéndolo como un diagrama de barras quedaría pues:



La eliminación de materia orgánica en el reactor viene definida por el proceso biológico, el cual es caracterizado por dos parámetros

fundamentales: la edad de fangos y la concentración de microorganismos en el reactor, ya que estos parámetros van a definir el crecimiento de los microorganismos en el reactor, el consumo de materia orgánica y la estabilización de los fangos.

Como valores de diseño, basados en la experiencia de Dinotec en la depuración de aguas residuales, se han tomado:

$$MLSS = 4.500 \text{ ppm}$$

$$\text{Edad de fangos modificada } \theta_E = 15 \text{ días.}$$

Se toma como parámetro la edad de fangos modificada que tiene en cuenta que, en este tipo de sistemas, la aireación es una determinada parte del tiempo del ciclo, de forma que este parámetro es semejante a la edad de fangos en un tratamiento biológico convencional.

La concentración de microorganismos en este tipo de reactores (SBR) suele ser mayor que en los procesos biológicos convencionales, dando lugar a cargas másicas menores. Se ha tomado como valor de diseño una carga másica de 0,07 kg DBO₅/día/kg MLSS.

La materia orgánica a eliminar en el proceso, expresada en kg de DBO₅, es de 210 kg, por lo que el volumen mínimo necesario es:

$$Volumen = \frac{\frac{kg \text{ DBO}_5}{día}}{\frac{MLSS}{1000} \times C_M} = \frac{210}{4,5 \times 0,07} = 666,7 m^3$$

En el diseño adoptado se consideran dos reactores con un volumen mínimo unitario de 333,35 m³. Se han adoptado dos reactores de 350 m³ cada uno, dando lugar a un tiempo de retención de 24 horas.

La biomasa activa en exceso se calcula a partir de la edad de fangos y la concentración de microorganismos en el reactor, y este exceso es el que se ha de purgar del reactor. En este tipo de procesos se puede calcular el exceso de fangos a partir de la siguiente:

$$P_A = k \times Q_d \times \frac{(DBO_{s_s} - DBO_{s_e})}{1000} = 94,5$$

Donde:

P_x = producción de biomasa en exceso (kg/día)

$K = 0,45$

DBO_{5e} = DBO_5 de entrada (mg/l)

DBO_{5s} = DBO_5 de salida (mg/l).

Los principales parámetros del tratamiento biológico son los siguientes:

REACTOR BIOLÓGICO

Volumen total reactor biológico adoptado (m^3)	795,24
Nº de unidades	2
Volumen total unitario (m^3)	397,62
Volumen útil unitario (m^3)	353,44
Longitud (m)	9,40
Ancho (m)	9,40
Altura útil (m)	4
Resguardo adoptado	4'5 m
Material	Hormigón armado
VER (%)	21'26
Edad de fangos modificada (días)	15
Producción de fangos (Kg M.S./día)	94,5
A.O.R. (Kg O ₂ /hora/reactor)	12

4.4.2.- AIREACIÓN.

Para el cálculo de la demanda de oxígeno se han considerado las temperaturas de 14 y 30 °C. El consumo diario de oxígeno en cada reactor viene determinado por el modelo cinético según la ecuación:

$$OR = \frac{(DBO_{5s} - DBO_{5e})}{1000} \times (\beta + \alpha \cdot \theta_t)$$

Donde:

$$\beta = 0,89$$

$$\alpha = 0,03$$

El consumo total de oxígeno es de 281,4 kgO₂/día, que dividido en los dos reactores y los cuatro ciclos diarios en cada reactor supone un consumo por ciclo de 35,18 kg/día.

Hay que tener en cuenta que no durante todo el ciclo se estará en etapa de aireación, por lo que el oxígeno requerido debe ser introducido durante las 3,9 horas de aireación que posee cada ciclo. Se prevé además un margen de seguridad para que no se produzcan faltas de aireación si se realizan cambios en los ciclos previstos, por lo que el consumo horario que deben suministrar los equipos de aireación es de 12 kg O₂/h.

La aireación de cada una de las dos cubas se realiza por medio de un aireador sumergido de 22 KW de potencia, el cual es capaz de suministrar el oxígeno requerido en las condiciones mas desfavorables y teniendo en cuenta la altura geográfica a la que se encuentra la localidad.

AIREACIÓN REACTOR BIOLÓGICO

Tipo de equipo	Aireador sumergible
Número de aireadores por reactor	1
Potencia unitaria (kW)	22

Para la etapa de anoxia se dispone de agitadores sumergibles que mantienen la agitación de la balsa.

4.4.3.- DECANTER FLOTANTE

Para extraer el agua tratada se instalará dentro del reactor una toma flotante articulada. Para minimizar el tiempo de espera de los reactores en la descarga se utilizarán tomas sumergidas que vacían el reactor unos 30 cm por debajo de la línea de agua tomando efluente clarificado únicamente.

El volumen de extracción previsto es de 87,5 m³ en 0,5 horas por ciclo. Previo a la extracción se dispondrá de un periodo de decantación de 0'6 horas por en cada ciclo.

Todo el conjunto estará construido en Acero Inoxidable AISI 316, y la rótula de unión en material plástico especialmente reforzado.

Las extracciones de agua estarán temporizadas y se accionarán mediante válvula neumática de guillotina con actuador de simple efecto normalmente cerrada. El aporte de aire se controlará por electroválvula también normalmente cerrada. Un medidor de nivel de final de extracción marcará el final de cada operación.

Asimismo, dispondrán del correspondiente sistema de vaciado a cabecera.

EXTRACCIÓN AGUA TRATADA

Tipo de equipo	Decanter flotante
Configuración	1
Volumen de extracción (m ³)	87,5
Tiempo de extracción (h)	0'5

4.4.4.- PURGA DE FANGOS

Los excesos de biomasa que se produzcan en el tratamiento biológico serán purgados mediante bombeo gracias al cual se podrá evacuar el lodo generado en exceso en menos de 15 minutos.

En la parte inferior de cada reactor se dispondrá de una bomba sumergible para la purga del exceso de fangos generados en el reactor.

4.4.5.- ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES

Al tratarse de una instalación con vertido a cauce propenso a la eutrofización (zona sensible), existe una limitación de la concentración de nutrientes en el vertido. Estos nutrientes serán eliminados en una

gran proporción mediante el proceso biológico, ajustando adecuadamente los ciclos de cada reactor.

La limitación de nitrógeno total a la salida es perfectamente alcanzable mediante el proceso biológico, con las dimensiones del reactor y la aireación consideradas. Para poder asegurar la limitación de la concentración de fósforo es necesario disponer de un sistema auxiliar, que asegure su eliminación en aquellos casos en que la eliminación por vía biológica no sea suficiente.

Como sistema auxiliar se dispone de una adición de coagulante al reactor biológico mediante un sistema de dosificación. Los flóculos formados son decantados junto con los fangos biológicos en la etapa de decantación, y extraídos mediante las purgas al espesador.

DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE Y FLOCULANTE

Tipo de equipo	Bomba dosificadora de membrana
Número de equipos	1
Caudal	4 l/h
Presión	10 bar
Material membrana	Teflón
Material Juntas	Vitón

4.5.-MEDICIÓN CAUDAL Y ARQUETA DE TOMA DE MUESTRAS

El agua tratada será restituida a cauce. Se dispondrá de un canal Parshall con medidor ultrasónico de nivel para determinar el caudal de vertido, así como de una arqueta de toma de muestra.

4.6.-ESPESAMIENTO DE FANGOS POR GRAVEDAD

Los fangos en exceso se envían a un espesador de fangos de 25 m³ de volumen cada uno, de donde serán recogidos por gestor.

El espesador consiste básicamente en una cuba cilíndrica de PRFV, dotada de una entrada central (campana de tranquilización) para no interrumpir el proceso natural de decantación por gravedad. El fango espesado evoluciona a la parte inferior del equipo y el efluente clarificado abandona el espesador por el vertedero situado en la parte superior de éste. Dichos sobrenadantes obtenidos por rebose en el espesador se conducen al reactor biológico por gravedad.

El contenido de materia seca de los fangos espesados oscila entre 2 y 3 %.

El exceso de fango diario es de 94,5 kg, por lo que se extraerán 9,45 m³ diarios al 1%. En el espesador se espesan hasta obtener concentraciones que oscilan entre el 2 y 3%. Se ha considerado un volumen suficiente para rentabilizar el transporte de los lodos producidos, ya que el volumen mínimo de este tipo de transportes es de 25 m³. Este volumen permite evacuar los lodos cada 5 días (considerando una concentración del 2%).

ESPESADO DE FANGOS

Tipo de equipo	Espesador estático
Configuración	1
Material	PRFV
Volumen unitario (m ³)	25
Altura cilíndrica (m)	3,2
Altura total (m)	5,7
Diámetro (m)	3