

# MEMORIA DE CÁLCULO

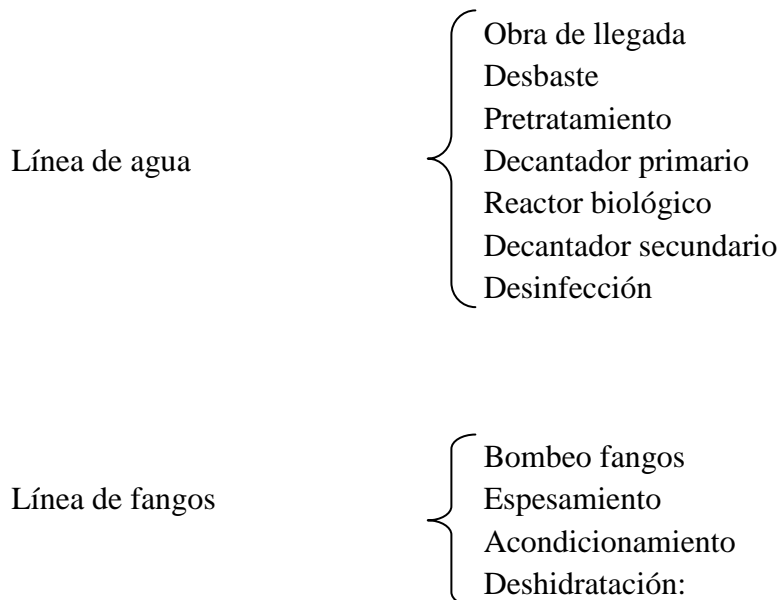
---

## ÍNDICE MEMORIA DE CÁLCULO

<b>1. CÁLCULOS DISEÑO PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CONVENCIONAL</b>	<b>27</b>
1.1. Datos iniciales, cargas contaminantes y rendimiento de planta	27
1.2. Línea de agua	30
1.2.1. Obra de llegada	30
1.2.2. Desbaste	34
1.2.3. Pretratamiento	36
1.2.4. Decantador primario	42
1.2.5. Tratamiento secundario	44
1.2.5.1. Reactor biológico	44
1.2.5.2. Decantador secundario	51
1.2.6. Desinfección	52
1.3. Línea de fangos	55
1.3.1. Bombeo de fangos	56
1.3.2. Espesamiento	56
1.3.3. Acondicionamiento	58
1.3.4. Deshidratación	60
<b>2. POTENCIA INSTALADA</b>	<b>62</b>
<b>3. POTENCIA SIMULTÁNEA Y ENERGÍA CONSUMIDA</b>	<b>64</b>

## 1. CÁLCULOS DISEÑO PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CONVENCIONAL

Referido el cálculo, al esquema de planta indicado en el punto 5 de la Memoria Descriptiva, “*DISEÑO PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CONVENCIONAL*”, la instalación consta de:



### 1.1. Datos iniciales, caudales, cargas contaminantes y rendimiento de planta

Se tienen como datos de partida:

PARÁMETRO	VALOR
Caudal diario a tratar	15000 m <sup>3</sup> /día
Dotación por habitante equivalente	0,2 m <sup>3</sup> /día
DBO <sub>5</sub> por habitante equivalente	60 g/hab.eq.

Tabla 1. Datos de partida

Partiendo de estos datos, se puede caracterizar la población y parte de la contaminación del efluente:

$$\begin{aligned}
 \text{N}^{\circ} \text{ hab. eq.} &= \frac{Q_{\text{diario}}}{\text{Dotación por hab. eq.}} = \frac{15000 \text{ m}^3}{0,2 \frac{\text{m}^3}{\text{hab. eq.}}} = 75.000 \text{ hab. eq.} \\
 \text{DBO}_5 &= \frac{\text{N}^{\circ} \text{ hab. eq.} \cdot \text{DBO}_5 \text{ por hab. eq.}}{Q} = \frac{75.000 \text{ hab. eq.} \cdot 60 \text{ g/hab. eq.}}{15000000 \text{ l}} = 0,3 \text{ g/l} \\
 &= 300 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

Este valor corresponde según *CEDEX* con una contaminación media-fuerte, por lo que podemos definir el resto de parámetros del agua a tratar:

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
DBO <sub>5</sub>	<b>300 mg/l</b>
DQO	<b>750 mg/l</b>
M.E.S.	<b>350 mg/l</b>
Aceite de grasas	<b>122 mg/l</b>
N (*)	<b>60 mg/l</b>
P (*)	<b>11 mg/l</b>

Tabla 2. Características contaminación del agua residual

(\*) Los datos de concentración de nitrógeno y de fósforo en el agua residual no se tendrán en cuenta a la hora de los cálculos, ya que se considera que las aguas no van a ser reutilizadas y la zona de vertido no está catalogada como zona sensible.

Los caudales con los que procederemos con el cálculo son Caudal medio ( $Q_{\text{medio}}$ ), Caudal máximo ( $Q_{\text{máximo}}$ ) y Caudal punta ( $Q_{\text{punta}}$ ), que se definen a partir del caudal diario de tratamiento:

$$Q_{\text{medio}} = \frac{Q_{\text{diario}}}{24} = \frac{15000 \text{ m}^3/\text{día}}{24 \text{ horas/día}} = 625 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q_{\text{máximo}} = Q_{\text{medio}} \cdot \left[ 1,15 + \frac{2,575}{Q_{\text{medio}}^{1/4}} \right] = 625 \cdot \left[ 1,15 + \frac{2,575}{625^{1/4}} \right] = 1.103 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q_{\text{punta}} = Q_{\text{medio}} \cdot \left[ 1,2 + \frac{2,6}{Q_{\text{medio}}^{1/4}} \right] = 625 \cdot \left[ 1,2 + \frac{2,6}{625^{1/4}} \right] = 1.075 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
$Q_{\text{medio}}$	<b>625 m<sup>3</sup>/h</b>
$Q_{\text{máximo}}$	<b>1103 m<sup>3</sup>/h</b>
$Q_{\text{punta}}$	<b>1075 m<sup>3</sup>/h</b>

Tabla 3. Caudales de tratamiento

Se definen las temperaturas mínima y máxima a las que trabaja la EDAR, aunque se toma como referencia para el cálculo la temperatura mínima, por ser la condición de trabajo más desfavorable:

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR</i>
T mínima	<b>12°C</b>
T máxima	<b>25°C</b>

Tabla 4. Temperaturas de trabajo

Tal y como se define previamente en la memoria descriptiva, según la Directiva 91/271/CEE, y su transposición al Derecho español, contenida en el Real Decreto-Ley 11/1995, el R.D. 509/1996, que lo desarrolla, y el R.D. 2116/1998 que lo modifica, las características a cumplir por el efluente son:

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR</i>
DBO <sub>5</sub>	<b>25 mg/l</b>
DQO	<b>125 mg/l</b>
M.E.S.	<b>35 mg/l</b>
Aceite de grasas	<b>6 mg/l</b>
N (*)	<b>15 mg/l</b>
P(*)	<b>2 mg/l</b>

Tabla 5. Características a cumplir por efluente

Teniendo los datos de contaminación del agua influente, y del agua efluente, se puede calcular entonces según la ecuación 1, el rendimiento de eliminación de la EDAR en diseño, que quedan reflejados en la tabla 6:

$$\%_{\text{eliminación}} = \frac{(\text{Concentración}_{\text{entrada}} - \text{Concentración}_{\text{salida}})}{\text{Concentración}_{\text{entrada}}} \cdot 100$$

Ecuación 1. Fórmula aplicada para cálculo de rendimientos de eliminación

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR</i>
DBO <sub>5</sub>	<b>91,67 %</b>
DQO	<b>83,33 %</b>
M.E.S.	<b>90,00 %</b>
Aceite de grasas	<b>95,00 %</b>

N (*)	75,00 %
P(*)	81,82 %

Tabla 6. Rendimientos de eliminación de contaminación

## 1.2. Línea de agua:

### 1.2.1. Obra de llegada

El agua a tratar, entra a la planta a través del canal de llegada, que descarga en el pozo de gruesos. Dentro de este pozo de gruesos, se instala una reja, cuya función es retirar los sólidos de mayor tamaño.

Para dimensionar el canal de llegada, y el posterior pozo de gruesos, se tienen los supuestos indicados en las tablas 7 y 8 respectivamente:

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR</i>
Nº de canales en uso	<b>1</b>
Altura lámina de agua a $Q_{\text{medio}}$	<b>0,25 m</b>

Tabla 7. Supuesto para cálculo canal de llegada

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR</i>
Carga superficial	<b>40 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h</b>
TRH	<b>150 s</b>
Relación largo/ancho	<b>1,5</b>
Ancho barrote reja	<b>10 mm</b>
Luz entre barros	<b>80 mm</b>
Velocidad de paso del agua	<b>0,8 m/s</b>

Tabla 8. Supuesto para cálculo pozo de gruesos

Para definir el ancho del canal de llegada, aplicamos la ecuación 2, donde se incluye un coeficiente de sobredimensionado para tener en consideración la posible colmatación (30%) de la reja instalada:

$$\text{Ancho}_{\text{canal llegada}} = \frac{Q_{\text{medio}}/3600}{n^{\circ} \text{ canales} \cdot V_{\text{paso agua}} \cdot \text{Altura lámina}_{\text{agua}}} \cdot \frac{\text{Ancho}_{\text{barrote}} + \text{Luz}_{\text{entre barros}}}{\text{Luz}_{\text{entre barros}}} \cdot 0,7$$

Ecuación 2. Fórmula para dimensionado ancho Canal

$$\text{Ancho}_{\text{canal llegada}} = \frac{625/3600}{1 \cdot 0,8 \cdot 0,25} \cdot \frac{10 + 80}{80} = 1,4 \text{ m}$$

Considerando la colmatación del 30% de la reja instalada, tenemos que el ancho útil del canal es:

$$\text{Ancho}_{\text{útil}} = \text{Ancho}_{\text{canal llegada}} \cdot \left( \frac{\text{Luz}_{\text{entre barrotes}}}{\text{Ancho}_{\text{barrote}} + \text{Luz}_{\text{entre barrotes}}} \right) 0,7 = 1,4 \cdot \left( \frac{80}{10 + 80} \right) 0,7 = 0,87 \text{ m}$$

Ecuación 3. Fórmula para dimensionado Ancho útil

Al disponer de este dato, podemos entonces conocer la altura lámina de agua (m) para cada caudal haciendo uso de la ecuación 2, despejando esta incógnita.

A partir del valor de la lámina de agua y aplicando la ecuación 2, se pueden calcular las velocidades de acercamiento (m/s).

Los datos obtenidos quedan reflejados en la tabla 9.

PARÁMETRO	VALOR $Q$ medio	VALOR $Q$ máximo	VALOR $Q$ punta
Altura lámina de agua	0,25 m	0,24 m	0,34 m
Velocidad de acercamiento	0,5 m/s	0,93 m/s	0,62 m/s

Tabla 9. Valor de Altura lámina y Velocidad de acercamiento para los caudales

Se procede a dimensionar el pozo de gruesos, usando de referencia los datos de partida de la Tabla 8.

Comenzamos determinando el volumen o capacidad de dicho pozo, aplicando la ecuación siguiente:

$$V_{\text{pozo gruesos}} = \text{TRH [s]} \cdot Q[\text{m}^3/\text{s}]$$

Ecuación 4. Fórmula para dimensionado Pozo de gruesos

$$V_{\text{pozo gruesos}} = 150\text{s} \cdot 623 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600\text{s}} = 26,04 \text{ m}^3$$

A continuación con el volumen de pozo calculado, se verifica si este es válido para las condiciones de caudal punta y máximo, obteniendo los valores del tiempo de retención para cada caso. Los valores obtenidos se reflejan en la tabla 10.

PARÁMETRO	VALOR $Q$ medio	VALOR $Q$ máximo	VALOR $Q$ punta
TRH	150 s	85 s	87 s

Tabla 10. Valor TRH para los caudales, calculado s/ecuación 3

Tomando este valor de capacidad, como válido, se pueden obtener tanto la superficie, como las dimensiones unitarias (largo, ancho y profundidad) del Pozo de gruesos.

- Superficie:

$$\text{Superficie [m}^2\text{]} = \frac{Q_{\text{medio}}[\text{m}^3/\text{h}]}{C_H[\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}]} = \frac{625}{40} = \mathbf{15,63 \text{ m}^2}$$

- Dimensiones:

$$\text{Largo(m)} = \sqrt{\text{Superficie [m}^2\text{]} \cdot \text{Relación largo/ancho}} = \sqrt{15,63 \cdot 1,5} = \mathbf{4,84 \text{ m}}$$

$$\text{Ancho(m)} = \frac{\text{Superficie [m}^2\text{]}}{\text{Largo(m)}} = \frac{15,63}{4,84} = \mathbf{3,23 \text{ m}}$$

$$\text{Profundidad(m)} = \frac{\text{Volumen [m}^3\text{]}}{\text{Superficie [m}^2\text{]}} = \frac{26,04}{15,63} = \mathbf{1,67 \text{ m}}$$

Los residuos generados en esta parte de la instalación son recogidos por una cuchara bivalva, que los deposita en un contenedor de capacidad 0'5m<sup>3</sup>.

La cantidad de residuos producidos, se define como:

$$\text{Volumen}_{\text{residuos}} = N^{\circ}\text{hab. eq.} \cdot \text{Indice de Producción de residuos} \left[ \frac{1}{\frac{1000\text{heq}}{\text{día}}} \right]$$

$$\text{Volumen}_{\text{residuos}} = 75000 \cdot \frac{1}{1000} = \mathbf{75 \text{ l/día}}$$

La capacidad de almacenamiento del contenedor será entonces 6,7 días.

El posterior bombeo y elevación del agua, hasta la cota de inicio del tratamiento, se realiza mediante bombas tipo Tornillo de Arquímedes. En vista a posibles sobrevenidas de agua, averías y/o mantenimiento, se instalan 5 bombas, de las cuales en cada caso se encuentran en funcionamiento las indicadas en la tabla 11.

PARÁMETRO	VALOR $Q$ medio	VALOR $Q$ máximo	VALOR $Q$ punta
Bombas en funcionamiento	2	4	3

Tabla 11. N° de bombas de elevación en funcionamiento por caudal



El caudal unitario de impulsión de las bombas para cada caudal, se determina dividiendo cada caudal, por el nº de bombas en servicio en cada caso, obteniéndose los siguientes datos:

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR Q medio</i>	<i>VALOR Q máximo</i>	<i>VALOR Q punta</i>
Caudal unitario bomba	<b>313 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>276 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>358 m<sup>3</sup>/h</b>

Tabla 12. Caudal unitario bombas por caudal

Con estos valores, se estipula entonces que el caudal impulsado por las bombas de elevación debe tomar un valor por encima de 358 m<sup>3</sup>/h, por lo que:

- Caudal unitario seleccionado bombas elevación= **360 m<sup>3</sup>/h**

El tiempo de funcionamiento de cada bomba viene definido por la ecuación 5, y queda registrado en la tabla 13:

$$t \text{ de funcionamiento a la hora} = \frac{Q_a \text{ impulsar [m}^3/\text{h]}}{\text{Nº de unidades} \cdot Q_{\text{seleccionado [m}^3/\text{h]}} \cdot 60}$$

Ecuación 5. Fórmula Tiempo de funcionamiento bombas

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR Q medio</i>	<i>VALOR Q máximo</i>	<i>VALOR Q punta</i>
Tiempo de funcionamiento a la hora	<b>52 min/h</b>	<b>46 min/h</b>	<b>60 min/h</b>

Tabla 13. Tiempo funcionamiento bombas por hora

El pozo de bombeo, donde se recoge el agua, previa elevación con las bombas, se dimensiona siguiendo las suposiciones de la tabla a continuación:

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR</i>
Tiempo de retención	<b>10 min.</b>
Alto lámina de agua	<b>3 m</b>
Largo	<b>8,75 m</b>

Tabla 14. Datos previos pozo de bombeo

$$V_{\text{pozo bombeo}} = \frac{Q[\text{m}^3/\text{h}]}{60 \cdot \text{TRH}[\text{min}]} = \frac{625}{60 \cdot 10} = \mathbf{104 \text{ m}^3}$$

Definiendo el valor del volumen, se puede proceder con el valor del ancho del Pozo de bombeo, y los TRH para los caudales máximo y punta.

$$\text{Ancho}_{\text{pozo bombeo}} = \frac{V_{\text{pozo bombeo}}}{(\text{Alto lámina agua} \cdot \text{Largo})} = \frac{104}{(3 \cdot 8,75)} = \mathbf{3,96 \text{ m}}$$

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR Q medio</i>	<i>VALOR Q máximo</i>	<i>VALOR Q punta</i>
TRH	10 min	5,67 min	5,81 min

Tabla 15. Valor real TRH para caudales

### 1.2.2. Desbaste

Se instalan 2 canales rectangulares, aunque uno solo se encuentra en uso.

A lo largo del canal se ubican una reja de gruesos, y un tamiz, ambos con accionamiento de limpieza automático.

Los datos de partida necesarios para el dimensionamiento son, los indicados a continuación:

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR Q medio</i>	<i>VALOR Q máximo</i>	<i>VALOR Q punta</i>
Velocidad paso reja gruesos (30% colmatación)	0,7 m/s	1,10 m/s	0,9 m/s
Velocidad paso reja finos (30% colmatación)	0,8 m/s	1,10 m/s	1,50 m/s
Altura lámina agua	0,3 m	-	-

Tabla 16. Datos para dimensionamiento Desbaste

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR REJA GRUESOS</i>	<i>VALOR REJA FINOS</i>
Tipo de reja	Recta	Tamiz
Ancho barrote	12 mm	3 mm
Luz entre barrotes	30mm	3 mm
Índice de producción de residuos	4 l/1000heq./día	8 l/1000heq./día
Transporte residuos	Cinta transportadora	Tornillo hélice tuerca

Tabla 17. Datos dimensionamiento rejillas en Desbaste

Tomando como referencia estos datos, y aplicando las ecuaciones 2 y 3, definidas para el cálculo del Canal de Llegada, podemos obtener el ancho del Canal de desbaste, y el valor del ancho útil con la reja de gruesos, y la reja de finos.

En la aplicación de la ecuación 3, y el término de sobredimensionamiento que se considera, utilizamos los datos, que nos llevan a trabajar en condiciones más desfavorables, es decir, la velocidad de paso del agua por la reja de gruesos, y el ancho de barrotes, y la luz entre barrotes, de la reja de finos.

$$\text{Ancho}_{\text{canal}} = \frac{Q_{\text{medio}}/3600}{n^{\circ} \text{ canales} \cdot V_{\text{paso agua}} \cdot \text{Altura lámina}_{\text{agua}}} \cdot \frac{\text{Ancho}_{\text{barrote}} + \text{Luz}_{\text{entre barrotes}}}{\text{Luz}_{\text{entre barrotes}}} \cdot 0,7$$

Ecuación 2. Fórmula para dimensionado ancho Canal

$$\text{Ancho}_{\text{útil}} = \text{Ancho}_{\text{canal llegada}} \cdot \left( \frac{\text{Luz}_{\text{entre barrotes}}}{\text{Ancho}_{\text{barrote}} + \text{Luz}_{\text{entre barrotes}}} \right) 0,7$$

Ecuación 3. Fórmula para dimensionado Ancho útil

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Ancho Canal Desbaste	<b>2,36 m</b>
Ancho útil Reja gruesos	<b>1,18 m</b>
Ancho útil Reja finos	<b>0,83 m</b>

Tabla 18. Valor ancho y ancho útiles en Desbaste

Como ocurre en el dimensionado del Canal de llegada a planta, con estos datos, se puede conocer la altura de la lámina de agua o calado, y la velocidad de acercamiento del agua para cada caudal en el Canal de desbaste, despejando en cada caso de la ecuación 2, la incógnita que interesa determinar.

Los datos obtenidos quedan reflejados en la tabla 19.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR <math>Q</math> medio</b>	<b>VALOR <math>Q</math> máximo</b>	<b>VALOR <math>Q</math> punta</b>
Altura lámina de agua	<b>0,30 m</b>	<b>0,24 m</b>	<b>0,28m</b>
Velocidad de acercamiento canal desbaste	<b>0,25 m/s</b>	<b>0,55 m/s</b>	<b>0,45 m/s</b>

Tabla 19. Valores Altura lámina y Velocidad de acercamiento para los caudales

Aplicando el mismo razonamiento anterior, determinamos la altura de la lámina de agua o calado de cada caudal, para la reja de gruesos y la reja de finos. A partir de estos datos, se puede determinar a su vez la pérdida de carga estimada entre ambas rejillas sigue la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdida carga}_{\text{canal desbaste}} = \text{Altura}_{\text{reja finos}} - \text{Altura}_{\text{reja gruesos}}$$

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR <math>Q</math> medio</b>	<b>VALOR <math>Q</math> máximo</b>	<b>VALOR <math>Q</math> punta</b>
Altura lámina de agua reja gruesos	<b>0,21 m</b>	<b>0,24 m</b>	<b>0,28 m</b>

Altura lámina de agua reja finos	<b>0,26 m</b>	<b>0,25 m</b>	<b>0,33 m</b>
Pérdida de carga	<b>0,05 m</b>	<b>0,01 m</b>	<b>0,05 m</b>

Tabla 20. Valores Altura lámina y Pérdida de carga

La producción de residuos para cada reja se determina a continuación:

$$\text{Volumen}_{\text{residuos}} = N^{\circ}\text{hab. eq.} \cdot \text{Indice de Producción de residuos} \left[ \frac{\text{l}}{1000\text{heq}} \right] \frac{\text{día}}{\text{día}}$$

$$V_{\text{residuos reja gruesos}} = \frac{75000 \cdot 4}{1000} = 300 \text{ l/día}$$

$$V_{\text{residuos reja finos}} = \frac{75000 \cdot 8}{1000} = 600 \text{ l/día}$$

Por lo que la producción total de residuos en el Canal de desbaste:

$$\text{Volumen}_{\text{residuos}} = V_{\text{residuos reja gruesos}} + V_{\text{residuos reja finos}} = 300 + 600 = 900 \text{ l/día}$$

Al instalar un contenedor de volumen 5 m<sup>3</sup>, la capacidad de almacenamiento de residuos es de 5,56 días.

### 1.2.3. Pretratamiento

En esta parte de la instalación se realiza el desarenado y desengrasado del agua residual en tratamiento. Se instalan dos canales, a lo largo de los cuales encontramos repartidos difusores, con sus correspondientes soplantes.

Las extracción de las arenas se realiza mediante una bomba, que deposita estas en el contenedor correspondiente, mientras que la grasas, pasan a un desengrasador, donde se realizar la concentración de estas, previo a su envío a su contenedor .

Para comenzar con la determinación de las dimensiones del canal de desengrasado-desarenado, se debe definir el TRH, que en este caso toma valor de 25 minutos.

Aplicando entonces la fórmula a continuación:

$$\text{Volumen} = \frac{Q_{\text{medio}} [\text{m}^3/\text{h}] \cdot \text{TRH}[\text{min}]}{n^{\circ}\text{canales} \cdot 60} = \frac{625 [\text{m}^3/\text{h}] \cdot 25}{2 \cdot 60} = 130'21\text{m}^3$$

Una vez determinado el volumen, se calcula el tiempo de retención para los otros caudales, que tal y como se observa en los registro de la tabla 21, disminuye respecto al valor para el Q<sub>medio</sub>.

PARÁMETRO	VALOR $Q$ medio	VALOR $Q$ máximo	VALOR $Q$ punta
TRH	25 min	14,16 min	14,5 min

Tabla 21. Valor de TRH para los caudales en Canal desengrasado/desarenado

La carga superficial es definida en  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ , siendo la superficie de la lámina de agua la indicada a continuación:

$$\text{Superficie}_{\text{lámina agua}} = \frac{Q_{\text{med}}}{n^{\circ} \text{ de canales} \cdot \text{Carga superficial}} = \frac{625}{2 \cdot 6} = 52'08 \text{ m}^2$$

Definido el valor de la superficie de lámina de agua, se puede proceder con el cálculo de la carga superficial para los restantes valores de caudal, recogidos en la tabla 22.

PARÁMETRO	VALOR $Q$ medio	VALOR $Q$ máximo	VALOR $Q$ punta
Carga superficial	$6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$	$10,59 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$	$10,3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$

Tabla 22. Valor Carga Superficial para los caudales en Canal desengrasado/desarenado

Con el cálculo de estos datos, se comprueba que cumplen los límites permitidos, estipulado en valores inferiores a 30, y por tanto la suposición realizada inicialmente es correcta.

Se pueden proceder entonces con el cálculo de las dimensiones del canal de desengrasado-desarenado, tomando que el valor de la relación largo/ancho del canal es 3,14.

- Dimensiones:

$$\text{Largo(m)} = \sqrt{\text{Superficie} [\text{m}^2] \cdot \text{Relación largo/ancho}} = \sqrt{52,08 \cdot 3,14} = 12,79 \text{ m}$$

Respecto a la profundidad del canal, la superficie transversal es:

$$\text{Superficie transversal (m}^2\text{)} = \frac{V_{\text{canal}}}{\text{Longitud}} = \frac{130'21}{12,79} = 10,18 \text{ m}^2$$

El ancho viene definido como:

$$\text{Ancho}_{\text{canal}}(\text{m}) = \frac{\text{Superficie} [\text{m}^2]}{\text{Largo(m)}} = \frac{52,08}{12,79} = 4,07 \text{ m}$$

Se debe determinar cuál es el ancho del canal para desengrasado, y ancho para desarenado. Para ello tenemos definida, la relación de superficie del desarenado/desengrasado, que toma un valor de 0,75.

$$\begin{aligned}\text{Ancho}_{\text{desarenado}}(\text{m}) &= \text{Ancho}(\text{m}) \cdot \text{Relación superficie}_{\text{desarenado/desengrasado}} = \\ &= 4,07 \cdot 0,75 = \mathbf{3,05\text{m}} \\ \text{Ancho}_{\text{desengrasado}}(\text{m}) &= \text{Ancho}(\text{m}) - \text{Ancho}_{\text{desarenado}}(\text{m}) = \\ &= 4,07 - 3,05 = \mathbf{1,02\text{ m}}\end{aligned}$$

En el dimensionado de la altura del canal, se distingue en altura recta y altura trapezoidal, cuya suma da como resultado la altura total del canal.

Altura trapezoidal:

$$\text{Altura}_{\text{trapezoidal}}(\text{m}) = \frac{\text{Ancho}_{\text{desarenado}}(\text{m})}{2} = \frac{3,05}{2} = \mathbf{1,53\text{ m}}$$

Altura recta:

$$\begin{aligned}\text{Altura}_{\text{recta}}(\text{m}) &= \frac{\text{Sup}_{\text{transv}}(\text{m}^2) - 0,5 \cdot \text{Ancho}_{\text{canal}}(\text{m}) \cdot \text{Altura}_{\text{trapezoidal}}(\text{m})}{\text{Ancho}_{\text{canal}}(\text{m})} \\ &= \frac{10,18 - 0,5 \cdot 4,07 \cdot 1,53}{4,07} = \mathbf{1,74\text{ m}}\end{aligned}$$

Altura total:

$$\text{Altura}_{\text{total}}(\text{m}) = \text{Altura}_{\text{recta}}(\text{m}) + \text{Altura}_{\text{trapezoidal}}(\text{m}) = 1,74 + 1,53 = \mathbf{3,27\text{ m}}$$

Para la aireación se estipula un valor de diseño, el Caudal de aire necesario por superficie es 9 Nm<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>, así como que el n° de unidades instaladas en funcionamiento es 2. A partir de este valor, se puede determinar mediante la fórmula a continuación, el Caudal de aire necesario total para cada caudal. Valores indicados en la tabla 23.

$$\text{Caudal}_{\text{aire necesario}} = n^{\circ} \text{ unidades} \cdot \text{Superficie}_{\text{lámina agua}} \cdot \text{Caudal}_{\text{aire necesario por superficie}}$$

PARÁMETRO	VALOR Q medio	VALOR Q máximo	VALOR Q punta
Caudal <sub>aire necesario</sub>	<b>938 Nm<sup>3</sup>/h</b>	<b>938 Nm<sup>3</sup>/h</b>	<b>938 Nm<sup>3</sup>/h</b>
Caudal <sub>aire unitario por soplante</sub>	<b>469 Nm<sup>3</sup>/h</b>	<b>469 Nm<sup>3</sup>/h</b>	<b>469 Nm<sup>3</sup>/h</b>

Tabla 23. Caudal de aire de Soplantes en Canal desarenado/desengrasado

El caudal de aire unitario adoptado, en función de los valores obtenidos en la tabla anterior es 480 Nm<sup>3</sup>/h.

Para determinar finalmente la extracción y lavado de arenas, así como la extracción de grasas, se definen los datos de partida en las tablas 24 y 25.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Concentración arenas en agua bruta	<b>150 mg/l</b>
Densidad	<b>1,70 Tn/m<sup>3</sup></b>
Rendimiento eliminación arenas >200 micras	<b>90 %</b>
Contenido en MO de arenas eliminadas	<b>5 %</b>
Extracción arenas	<b>1 unidad Bomba vertical de rodete</b>
Concentración arenas en bombeo	<b>3000 mg/l (3%)</b>
Separación arenas	<b>1 unidad Tornillo separador Largo: 1,75m Diámetro: 0,20m</b>
Capacidad contenedor	<b>5 m<sup>3</sup></b>

Tabla 24. Datos partida extracción arenas

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Concentración grasas en agua bruta	<b>122 mg/l</b>
Concentración grasas desmenucionadas	<b>4500 mg/l (4,5%)</b>
Rendimiento eliminación grasas desmenucionadas	<b>95 %</b>
Separación de grasas	<b>Sistema automático 1 unidad</b>
TRH	<b>10 min</b>
Carga superficial para $Q_{med}$	<b>7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h</b>
Relación largo/ancho	<b>1,75</b>
Densidad grasas	<b>0,7 Tn/m<sup>3</sup></b>
Capacidad contenedor	<b>3 m<sup>3</sup></b>

Tabla 25. Datos partida extracción grasas

- Extracción y lavado de arenas:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad diaria}_{\text{arena producida}} &= Q_{\text{medio diario}} \cdot \text{Concentración}_{\text{arena agua bruta}} \\ &= \left( 625 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \right) \cdot \left( 150 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \right) = 2250 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Caudal diario}_{\text{arena producido}} &= \frac{\text{Cantidad diaria}_{\text{arena}}}{\text{Concentración}_{\text{arena bombeo}}} \\ &= \frac{\left( 2250 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \right)}{\left( 3000 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \right)} = 750 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \end{aligned}$$

Si adoptamos que el nº de horas de funcionamiento de las bombas son 12 horas:

$$\text{Caudal}_{\text{unitario bombeo}} = \frac{\text{Caudal diario}_{\text{arena}}}{\text{Horas en funcionamiento}} = \frac{750 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{12 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 62,5 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Se decide adoptar entonces un caudal unitario de 65 m<sup>3</sup>/hora.

En la producción o almacenamiento:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad}_{\text{a evacuar}}_{\text{arena}} &= \text{Cantidad diaria}_{\text{arena producida}} \cdot \text{Rdto. eliminación}_{\text{arena}} = \\ &= 2250 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot \frac{90}{100} = 2025 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \end{aligned}$$

Conociendo la densidad.

$$\begin{aligned} \text{Volumen diario}_{\text{a evacuar}}_{\text{arena}} &= \frac{\text{Cantidad diaria}_{\text{arena producida}}}{\text{Densidad}} = \\ &= \frac{2025 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ Tn}}{1000 \text{ kg}}}{1,70 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^3}} = 1,19 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \end{aligned}$$

Siendo el volumen de almacenamiento es 5m<sup>3</sup>, podemos definir la capacidad de almacenamiento en días es 4,2 días.

- Extracción de grasas:

En el dimensionamiento del desengrasador, primero es necesario el cálculo del volumen de grasas-agua producido.



$$\text{Cantidad grasas producida} = Q_{\text{medio diario}} \cdot \text{Concentración grasas agua bruta} \cdot \text{Rdto. eliminación grasas}$$

$$= \left( 625 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \right) \cdot \left( 122 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} \cdot \frac{1\text{kg}}{10^6\text{mg}} \right) \cdot \frac{95}{100} = 72,44 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$

$$\text{Volumen grasas producido} = \frac{\text{Cantidad diaria grasas producida}}{\text{Concentración grasas desmenuzadas}}$$

$$= \left( 72,44 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \right) / \left( 4500 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} \cdot \frac{1\text{kg}}{10^6\text{mg}} \right) = 16,09 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Siendo las dimensiones:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Volumen grasas producido}}{\text{TRH}} = \frac{16,09 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}}{10 \text{ min} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}} = 2,68 \text{ m}^3$$

$$\text{Superficie} = \frac{\text{Aporte hidr. máx}}{\text{Carga superficial}} = \frac{16,09 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}}{7 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}} = 2,30 \text{ m}^2$$

$$\text{Largo} = \sqrt{\text{Superficie} \cdot \text{Relación } \frac{\text{largo}}{\text{ancho}}} = \sqrt{2,30 \cdot 1,75} = 2,01 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = \frac{\text{Superficie}}{\text{Largo}} = \frac{2,30 \text{ m}^2}{2,01 \text{ m}} = 1,15 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Largo}} = \frac{2,68 \text{ m}^3}{2,01 \text{ m}} = 1,34 \text{ m}$$

En el almacenamiento:

$$\text{Volumen diario grasas a evacuar} = \frac{\text{Cantidad diaria grasas producida}}{\text{Densidad}} =$$

$$\frac{72,44 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{1 \text{ Tn}}{1000 \text{ kg}}}{0,70 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^3}} = 2,48 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Siendo el volumen de almacenamiento  $3\text{m}^3$ , podemos definir la capacidad de almacenamiento en días es 1 días.

#### 1.2.4. Decantador primario

Los parámetros de diseño estipulados para el dimensionado de los 2 decantadores circulares de rasquetas instalados, son los indicados en la tabla 26:

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR</i>
Carga superficial	<b>1,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h</b>
TRH	<b>2,5 horas</b>
Velocidad giro del puente	<b>120 m/s</b>
Pendiente solera	<b>10 %</b>

Tabla 26. Parámetros de diseño para dimensionado decantadores

$$V_{\text{decantador primario}} = \frac{\text{TRH} \cdot Q}{\text{n}^{\circ} \text{ de unidades}} = \frac{2,5 \text{ h} \cdot 625 \text{ m}^3/\text{h}}{2} = \mathbf{781,25 \text{ m}^3}$$

Con el volumen de Decantador primario calculado, se debe verificar si es válido para las condiciones de caudal punta y máximo, obteniendo los valores del tiempo de retención para cada caso. Los valores obtenidos se reflejan en la tabla 27.

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR Q medio</i>	<i>VALOR Q máximo</i>	<i>VALOR Q punta</i>
TRH	<b>2,5 h</b>	<b>1,42 h</b>	<b>1,45 h</b>

Tabla 27. Valor TRH para cada caudal

Tomando este, como válido, se pueden obtener tanto la superficie, como las dimensiones unitarias (diámetro, altura recta y longitud del vertedero) de los Decantadores.

- Superficie:

$$\begin{aligned} \text{Superficie} &= \frac{Q_{\text{medio}}}{\text{Carga}_{\text{superficial}} \cdot \text{n}^{\circ} \text{ de unidades}} = \frac{625 \text{ m}^3/\text{h}}{1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot 2} \\ &= \mathbf{208,33 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

Según esta ecuación, podemos obtener el valor de la carga superficial para cada caudal considerado. Estos valores se reflejan en la tabla 28.

PARÁMETRO	VALOR $Q$ medio	VALOR $Q$ máximo	VALOR $Q$ punta
Carga superficial	$1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	$2,65 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	$2,58 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

Tabla 28. Valor carga superficial para cada caudal

- Dimensiones:

$$\text{Diametro} = 2 \cdot \sqrt{\frac{\text{Superficie}}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{208,33}{\pi}} = 16,29 \text{ m}$$

$$\text{Altura recta} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Superficie}} = \frac{781,25 \text{ m}^3}{208,33 \text{ m}^2} = 3,75 \text{ m}$$

Finalmente, podemos determinar la longitud del vertedero, y la correspondiente carga hidráulica sobre este.

$$\text{Longitud}_{\text{vertedero}} = \pi \cdot \text{Diámetro} = \pi \cdot 16,29 \text{ m} = 51,17 \text{ m}$$

$$\text{Carga hidráulica sobre vertedero} = \frac{\text{Caudal}}{\text{n}^\circ \text{ de unidades} \cdot \text{Longitud}_{\text{vertedero}}}$$

PARÁMETRO	VALOR $Q$ medio	VALOR $Q$ máximo	VALOR $Q$ punta
Carga hidráulica sobre vertedero	$6,11 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{h}$	$10,78 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{h}$	$10,50 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{h}$

Tabla 29. Valores Carga hidráulica sobre vertedero para cada caudal

Tras el dimensionado, se definen rendimientos de decantación, que junto con las características de contaminación definidas inicialmente en la tabla 2, permite obtener la concentración y la carga diaria de salida de la decantación primaria. Todos los datos quedan reflejados en la tabla 30.

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN ENTRADA	RENDIMIENTO ELIMINACIÓN	CONCENTRACIÓN SALIDA	CARGA DIARIA SALIDA
DBO <sub>5</sub>	300 mg/l	25 %	225 mg/l	3375 kg/día
DQO	750 mg/l	50 %	375 mg/l	5625 kg/día
M.E.S.	350 mg/l	65 %	122,5 mg/l	1838 kg/día

Tabla 30. Eliminación contaminación en Decantación primaria

### 1.2.5. Tratamiento secundario

Los datos del agua influente en el reactor biológico son:

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR</i> <sub>CONCENTRACIÓN</sub>	<i>CARGA DIARIA</i> <i>ENTRADA</i>
DBO <sub>5</sub>	225 mg/l	3375 kg/día
DQO	375 mg/l	5625 kg/día
M.E.S.	122,5 mg/l	1838 kg/día
N (*)	60 mg/l	897 kg/día
P(*)	11 mg/l	166 kg/día

Tabla 31. Características agua influente al reactor biológico

Consideramos el tratamiento secundario como conjunto de Reactor biológico y el Decantador secundario. Tomando que a la salida de este tratamiento, las características de contaminación del agua son las definidas por normativa, podemos conocer los rendimientos obtenidos. Son los indicados en la tabla 32.

<i>PARÁMETRO</i>	<i>CONCENTRACIÓN</i> <i>ENTRADA</i>	<i>CONCENTRACIÓN</i> <i>SALIDA</i>	<i>CARGA DIARIA</i> <i>SALIDA</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>ELIMINACIÓN</i>
DBO <sub>5</sub>	225 mg/l	25 mg/l	3375 kg/día	88,89 %
DQO	375 mg/l	125 mg/l	1875 kg/día	66,66 %
M.E.S.	122,5 mg/l	35 mg/l	525 kg/día	71,43 %

Tabla 32. Rendimientos de eliminación Tratamiento secundario

#### 1.2.5.1. Reactor biológico

Se instalan dos reactores, que aúnan las siguientes características:

- Tipo: Reactor biológico de media carga
- Sin nitrificación, ni desnitrificación
- Aireación mediante soplates, y domos difusores de membrana
- Profundidad del reactor: 4,5 m
- Ancho del canal: 12 m

Para comenzar con el dimensionamiento del reactor biológico, se debe definir previamente la edad del fango con el que se trabajará, así como la carga másica.

En la definición de la edad del fango para eliminación orgánica:

- |   |   |                       |
|---|---|-----------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de MLSS= 3000 mg/l</li> <li>• Carga másica teórica (<math>C_M</math>)= 0,2 kg DBO<sub>5</sub>/Kg MLSS</li> </ul> | } | Según datos tabulados |
|---|---|-----------------------|

- Relación M.E.S./DBO<sub>5</sub> (B1) =  $\frac{122,5 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{225 \frac{\text{mg}}{\text{l}}} = \mathbf{0,54}$
- Rendimiento<sub>eliminación</sub>(R) =  $\frac{89}{100} = \mathbf{0,89}$
- MLSS<sub>en reactor</sub> =  $\frac{\text{Concentración de MLSS}}{1000} = \frac{3000}{1000} = \mathbf{3 \text{ kg/m}^3}$

Según estos datos, y aplicando la ecuación 6, podemos calcular la edad del fango resultante.

$$\text{Edad fango} = \frac{1}{[(1,2 \cdot C_M^{1,3}) + (0,5(B1 - 0,6) \cdot C_M) \cdot R]} = \mathbf{7,022 \text{ días}}$$

Ecuación 6. Fórmula para determinación de Edad del fango

El índice teórico de producción de fangos (IF), viene determinado por la ecuación de Huiskens.

$$\text{IF} = (1,2 \cdot C_M^{0,23}) + (0,5 \cdot (B1 - 0,6))$$

Ecuación 7. Ecuación de Huiskens

$$\text{IF} = (1,2 \cdot 0,2^{0,23}) + (0,5 \cdot (0,54 - 0,6)) = \mathbf{0,801}$$

Siendo entonces la producción de fangos en exceso en el reactor biológico:

$$\begin{aligned} \text{Fangos}_{\text{en exceso}} &= \text{IF} \cdot (\text{Carga diaria DBO}_{5\text{entrada}} - \text{Carga diaria DBO}_{5\text{salida}}) \\ &= 0,801 \cdot (3375 - 375) = \mathbf{2403 \text{ kg/día}} \end{aligned}$$

También es posible determinar el peso de Fangos activados en el reactor.

$$\begin{aligned} \text{Peso fangos}_{\text{activados}} &= \frac{\text{Carga diaria DBO}_{5\text{entrada}} - \text{Carga diaria DBO}_{5\text{salida}}}{C_M} = \\ &= \frac{3375 - 375}{0,2} = \mathbf{15000 \text{ kg/día}} \end{aligned}$$

Tras el estudio de las propiedades del reactor biológico, se puede realizar el dimensionamiento, comenzando por el volumen total de tratamiento.

$$\text{Volumen}_{\text{total}} = \frac{\text{Carga diaria DBO}_{5\text{entrada}}}{C_M - \text{MLSS}_{\text{en reactor}}} = \frac{3375 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{0,2 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{kg MLSS}} - 3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \mathbf{5625 \text{ m}^3}$$

Se continúa realizando el dimensionamiento unitario, teniendo presente que tal y como se ha indicado inicialmente, se instalan 2 unidades en funcionamiento.

$$\text{Volumen}_{\text{unitario}} = \frac{\text{Volumen}_{\text{total}}}{\text{n}^{\circ} \text{ de unidades}} = \frac{5625 \text{ m}^3}{2} = \mathbf{2813 \text{ m}^3}$$

$$\text{Superficie}_{\text{unitaria}} = \frac{\text{Volumen}_{\text{unitario}}}{\text{Altura reactor}} = \frac{2813 \text{ m}^3}{4,5 \text{ m}} = \mathbf{625 \text{ m}^2}$$

$$\text{Altura}_{\text{reactor}} = \mathbf{4,5 \text{ m}} \text{ (Definido por diseño)}$$

$$\text{Ancho}_{\text{reactor}} = \mathbf{12 \text{ m}} \text{ (Definido por diseño)}$$

La longitud se divide en longitud recta, y longitud total:

$$\begin{aligned} \text{Longitud}_{\text{recta}} &= \frac{(\text{Superficie}_{\text{unitaria}} - \pi \cdot \text{Ancho}_{\text{reactor}}^2)}{2 \cdot \text{Ancho}_{\text{reactor}}} = \\ &= \frac{(625 - \pi \cdot 12^2)}{2 \cdot 12} = \mathbf{7,19 \text{ m}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Longitud}_{\text{total}} &= \text{Longitud}_{\text{recta}} + 2 \cdot \text{Ancho}_{\text{reactor}} = \\ &= 7,19 + 2 \cdot 12 = \mathbf{31,19 \text{ m}} \end{aligned}$$

Realizado el dimensionamiento de los reactores, se puede calcular la Carga volumétrica y tiempo de retención hidráulica (TRH).

$$\text{Carga}_{\text{volumétrica}} = \frac{\text{Carga diaria DBO}_5 \text{ entrada}}{\text{Volumen}_{\text{total}}} = \frac{3375 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{5625 \text{ m}^3} = \mathbf{0,6 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{m}^3 \cdot \text{día}}}$$

$$\text{TRH} = \frac{\text{Volumen}_{\text{total}}}{\text{Caudal}_{\text{medio}}} = \frac{5625 \text{ m}^3}{625 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = \mathbf{9 \text{ horas}}$$

Finalizamos el diseño y dimensionado del reactor biológico, indicando el porcentaje de recirculación, que aunque tal y como se indica en los manuales, debe rondar entre el 150-175%, le damos valor sobredimensionado de 200%, para evitar posibles sobrecargas en caso de altas contaminaciones en el agua a tratar, que necesiten recirculaciones mayores del fango.

- Recirculación externa = **200%**

Para cerrar el diseño del reactor biológico, es necesario dimensionar los equipos de aireación, parte fundamental en el tratamiento con fangos activados, y los equipos de recirculación que lleva a mantener las características necesarias dentro del reactor, para que el agua tratada cumpla los requisitos en normativa.

- Aireación:

El diseño de la aireación, comienza con el cálculo del oxígeno teórico consumido, que se divide entre el oxígeno consumido en la síntesis celular, y el oxígeno consumido en respiración celular.

PARÁMETRO	VALOR
Caudal de tratamiento	15000 m <sup>3</sup> /día
Volumen reactor	5625 m <sup>3</sup>
Altura lámina agua	4,5 m
DBO <sub>5</sub> entrada en reactor	3375 kg/día
Rendimiento eliminación DBO <sub>5</sub>	88,89 %
Concentración de MLSS	3 kg/ m <sup>3</sup>

Tabla 33. Datos de diseño aireación en Tratamiento biológico

Consumo oxígeno teórico: se calcula siguiendo el modelo Eckenfelder, que define la necesidad de O<sub>2</sub>, como la suma del O<sub>2</sub> consumido en la síntesis celular, y el O<sub>2</sub> consumido en respiración endógena.

$$O_2 \text{ teórico necesario} = O_2 \text{ consumido síntesis celular} + O_2 \text{ consumido respiración celular}$$

Ecuación 6. Ecuación Modelo Eckenfelder

O<sub>2</sub> consumido en síntesis celular:

$$O_2 \text{ consumido síntesis celular} = a \cdot \frac{\text{Caudal} \cdot \left( \text{Concentración DBO}_5 \text{ entrada reactor} - \text{Concentración DBO}_5 \text{ salida reactor} \right)}{1000}$$

- Coeficiente a: 0,59 kg O<sub>2</sub>/(kg DBO<sub>5</sub>) (define la necesidad de O<sub>2</sub> para síntesis)
- Caudal diario: 15000 m<sup>3</sup>/día
- Concentración DBO<sub>5</sub> entrada reactor: 225 mg/l
- Concentración DBO<sub>5</sub> salida reactor: 25 mg/l

$$\begin{aligned} O_2 \text{ consumido}_{\text{síntesis celular}} &= 0,59 \frac{\text{kg } O_2}{(\text{kg DBO}_5)} \cdot \frac{15000 \text{m}^3 \cdot \left(225 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 25 \frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)}{1000} \\ &= 1770,09 \frac{\text{kg } O_2}{\text{día}} \end{aligned}$$

O<sub>2</sub> consumido en respiración celular:

$$O_2 \text{ consumido}_{\text{respiración celular}} = K_{re} \cdot \text{Volumen}_{\text{reactor}} \cdot \text{Concentración MLSS}$$

- Coeficiente  $K_{re}$ : 0,0535 kg O<sub>2</sub>/(kg MLSS·día) (Coeficiente cinético que define el desarrollo de la respiración endógena)
- Volumen reactor: 5625 m<sup>3</sup>
- Concentración MLSS: 3 kg/m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} O_2 \text{ consumido}_{\text{respiración celular}} &= 0,0535 \frac{\text{kg } O_2}{(\text{kg MLSS} \cdot \text{día})} \cdot 5625 \text{m}^3 \cdot 3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ &= 903,57 \frac{\text{kg } O_2}{\text{día}} \end{aligned}$$

Por lo que incluyendo estos términos en la ecuación del modelo de Eckenfelder, se obtiene el valor de la necesidad de O<sub>2</sub> teórica:

$$O_2 \text{ teórico}_{\text{necesario}} = 1770,09 \frac{\text{kg } O_2}{\text{día}} + 903,57 \frac{\text{kg } O_2}{\text{día}} = 2673,66 \frac{\text{kg } O_2}{\text{día}}$$

A partir de este consumo diario, podemos obtener el consumo horario de O<sub>2</sub>:

$$O_2 \text{ horario}_{\text{necesario}} = \frac{2673,66 \frac{\text{kg } O_2}{\text{día}}}{24 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 111,40 \frac{\text{kg } O_2}{\text{hora}}$$

Si el coeficiente punta es 1,6.

$$\begin{aligned} O_2 \text{ punta}_{\text{necesario}} &= \left( \text{Coef.}_{\text{punta}} \cdot O_2 \text{ consumido}_{\text{síntesis celular}} \right) + O_2 \text{ consumido}_{\text{respiración celular}} \\ &= \left( 1,6 \cdot 1770,09 \frac{\text{kg } O_2}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \right) + 903,57 \frac{\text{kg } O_2}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \\ &= 155,65 \frac{\text{kg } O_2}{\text{hora}} \end{aligned}$$

La relación entre los kg de O<sub>2</sub> necesario, con respecto a los kg de DBO<sub>5</sub> eliminados toma entonces el siguiente valor:

$$\frac{\text{kg } O_2 \text{ teórico}_{\text{necesario}}}{\text{kg DBO}_5 \text{ eliminado}} = \frac{2673,66 \frac{\text{kg } O_2}{\text{día}}}{(3375 - 375) \frac{\text{kg}}{\text{día}}} = 0,89$$



Continuamos definiendo el consumo real de oxígeno, para esto hay que calcular previamente, el coeficiente de transferencia, mediante la ecuación 7, y los datos de la tabla 34.

$$\text{Coef}_{\text{transferencia}} = \left( \frac{S_1}{S_2 - S_3} \cdot K_T \cdot \frac{P_0}{P_{\text{atm}}} \cdot \frac{1}{\text{Coef}_\alpha} \right)^{-1}$$

Ecuación 7. Ecuación cálculo Coeficiente de transferencia

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR</i>
Coeficiente $\alpha$	<b>0,7</b>
Saturación O <sub>2</sub> en agua pura (12° C) (S <sub>1</sub> )	<b>11,33 mg/l</b>
Saturación O <sub>2</sub> en LM (S <sub>3</sub> )	<b>2 mg/l</b>
Saturación O <sub>2</sub> a T <sup>a</sup> LM (S <sub>2</sub> )	<b>10,76 mg/l</b>
Presión atmosférica (P <sub>atm</sub> )	<b>733 mmHg</b>
Coeficiente temperatura (K <sub>T</sub> )	<b>1</b>

Tabla 34. Datos necesarios para cálculo Coeficiente de transferencia

$$\text{Coef}_{\text{transferencia}} = \left( \frac{11,33}{10,76 - 2} \cdot 1 \cdot \frac{760}{733} \cdot \frac{1}{0,7} \right)^{-1} = \mathbf{0,522}$$

Se puede calcular la necesidad real de oxígeno, una vez determinado el coeficiente de transferencia.

$$\text{O}_2 \text{ real necesario} = \frac{\text{O}_2 \text{ teórico necesario}}{\text{Coef}_{\text{transferencia}}} = \frac{2673,66 \frac{\text{kg O}_2}{\text{día}}}{0,522} = \mathbf{5120 \frac{\text{kg O}_2}{\text{día}}}$$

$$\text{O}_2 \text{ real punta} = \frac{\text{O}_2 \text{ punta necesario}}{\text{Coef}_{\text{transferencia}}} = \frac{155,65 \frac{\text{kg O}_2}{\text{hora}}}{0,522} = \mathbf{298,08 \frac{\text{kg O}_2}{\text{hora}}}$$

La relación entre los kg reales de O<sub>2</sub> necesario, con respecto a los kg de DBO<sub>5</sub> eliminados toma entonces el siguiente valor:

$$\frac{\text{kg O}_2 \text{ teórico necesario}}{\text{kg DBO}_5 \text{ eliminado}} = \frac{5120 \frac{\text{kg O}_2}{\text{día}}}{(3375 - 375) \frac{\text{kg}}{\text{día}}} = \mathbf{1,7}$$

Se finaliza determinando el nº de soplantes de aireación instalados, para lo cual se deben definir las siguientes variables:

- Coeficiente de eficacia de transmisión del difusor= 10 % / m.c.a.
- Altura lámina de agua= 4,5 m
- Eficacia del difusor= 0,45 % ((Coef. Altura/100)x altura lamina agua)

$$\text{Caudal}_{\text{aire necesario}} = \frac{\text{O}_2 \text{ real necesario}}{\text{Eficacia del difusor} \cdot 0,239 \cdot 1,248}$$

$$= \frac{5120 \frac{\text{kg O}_2}{\text{día}}}{0,45 \cdot 0,239 \cdot 1,248} = 38145,62 \frac{\text{Nm}^3}{\text{día}}$$

$$\text{Caudal}_{\text{aire punta necesario}} = \frac{\text{O}_2 \text{ real punta}}{\text{Eficacia del difusor} \cdot 0,239 \cdot 1,248}$$

$$= \frac{298,08 \frac{\text{kg O}_2}{\text{hora}}}{0,45 \cdot 0,239 \cdot 1,248} = 2220,08 \frac{\text{Nm}^3}{\text{hora}}$$

Se adopta un caudal de 2500 Nm<sup>3</sup>/h, por lo que si de los 3 soplantes instalados, se encuentran en funcionamiento 2, el caudal adoptado por soplante, se define a continuación. La presión de trabajo será de 5,5 m.c.a.

$$\text{Caudal}_{\text{unitario adoptado}} = \frac{\text{Caudal}_{\text{adoptado}}}{\text{Nº de unidades}} = \frac{2500 \frac{\text{Nm}^3}{\text{hora}}}{2} = 1250 \frac{\text{Nm}^3}{\text{hora}}$$

- Bombeo de recirculación:

La recirculación se realiza mediante una bomba sumergible de canal único, que envía los fangos recirculados de nuevo al reactor biológico. Como se definió previamente, la capacidad de recirculación instalada, se fija en el 200% a caudal medio.

$$\text{Caudal}_{\text{bombeo necesario}} = Q_{\text{medio}} \cdot \text{Capacidad recirculación}$$

$$= 625 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \cdot \left(\frac{200}{100}\right) = 1250 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Se instalan 3 unidades de bombeo, de las cuales en funcionamiento se encuentran 2 unidades, por lo que el caudal unitario que es necesario instalar en cada bomba.

$$\text{Caudal}_{\text{bombeo unitario}} = \frac{\text{Caudal}_{\text{bombeo necesario}}}{\text{Nº de unidades}} = \frac{1250 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}}{2} = 625 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

La altura manométrica, es 5,5 m (4,5 m de la lámina de agua + 1m).

### 1.2.5.2. Decantador secundario

En el diseño de los decantadores del tratamiento secundario, donde se instalan al igual que en el tratamiento primario, 2 unidades circulares de rasquetas, puede reproducirse los cálculos realizados en el punto 1.2.4. de la presente memoria. Para poder reproducir dicho dimensionamiento se debe definir previamente los parámetros de diseño, indicados en la tabla 35.

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR</i>
Carga superficial	<b>0,7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h</b>
TRH	<b>3 horas</b>
Velocidad giro del puente	<b>120 m/s</b>
Pendiente solera	<b>10 %</b>

Tabla 35. Parámetros de diseño para dimensionado decantadores secundarios

$$V_{\text{decantador primario}} = 937,5 \text{ m}^3$$

Con el volumen obtenemos los valores del tiempo de retención para cada caudal considerado. Los valores obtenidos se reflejan en la tabla 36.

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR Q medio</i>	<i>VALOR Q máximo</i>	<i>VALOR Q punta</i>
TRH	<b>3 h</b>	<b>1,7 h</b>	<b>1,74 h</b>

Tabla 36. Valor TRH para cada caudal

Las dimensiones unitarias (diámetro, altura recta y longitud del vertedero):

- Superficie:

$$\text{Superficie} = 446,43 \text{ m}^2$$

Con la superficie, se procede al cálculo del valor de la carga superficial para cada caudal en estudio. Estos valores se reflejan en la tabla 37.

PARÁMETRO	VALOR $Q$ medio	VALOR $Q$ máximo	VALOR $Q$ punta
Carga superficial	<b>0,7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h</b>	<b>1,24 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h</b>	<b>1,20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h</b>

Tabla 37. Valor carga superficial para cada caudal

- Dimensiones:

Diametro = **23,84 m**

Altura recta = **2,10 m**

Se determina finalmente la longitud del vertedero, y la correspondiente carga hidráulica sobre este.

$$\text{Longitud}_{\text{vertedero}} = \mathbf{74,90 \text{ m}}$$

$$\text{Carga hidráulica}_{\text{sobre vertedero}} = \frac{\text{Caudal}}{\text{nº de unidades} \cdot \text{Longitud}_{\text{vertedero}}}$$

PARÁMETRO	VALOR $Q$ medio	VALOR $Q$ máximo	VALOR $Q$ punta
Carga hidráulica sobre vertedero	<b>6,11 m<sup>3</sup>/m·h</b>	<b>10,78 m<sup>3</sup>/m·h</b>	<b>10,50 m<sup>3</sup>/m·h</b>

Tabla 38. Valores Carga hidráulica sobre vertedero para cada caudal

En este caso, los rendimientos de decantación quedan incluidos dentro de los rendimientos indicados en la Tabla 32, que reflejan la reducción de contaminación en el tratamiento secundario en conjunto, es decir reactor biológico y decantador secundario.

Solo nos quedaría definir en este caso, los datos referentes al fango extraído, que pasará a la siguiente línea de tratamiento.

- Concentración de sólidos en licor mezcla= **3 kg/m<sup>3</sup>**
- Concentración de sólidos en recirculación= **6 kg/m<sup>3</sup>**

### 1.2.6. Desinfección

Para la desinfección mediante hipoclorito, debemos diseñar la instalación de hipoclorito, así como la arqueta o canal de cloración.

Para el dimensionamiento de la instalación de hipoclorito se define, los datos relacionados a continuación:

- Tipo de dosificación: discontinúa automática
- Método de dosificación: en función del caudal al tratar
- Tipo de bomba: pistón membrana hidráulica con válvula de seguridad
- Nº de bombas instaladas: 2
- Nº de bombas en funcionamiento: 1

- Sistema de dilución: rotámetro
- Nº de rotámetros instalados y en funcionamiento: 1
- Almacenamiento en 1 depósito con autonomía para 15 días.

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR</i>
Nombre comercial	<b>Hipoclorito sódico</b>
Fórmula	<b>NaClO</b>
Peso molecular	<b>75,50 g/mol</b>
Contenido en cloro activo	<b>150 g/l</b>

Tabla 39. Característica del reactivo

<i>PARÁMETRO</i>	<i>VALOR</i>	<i>VALOR</i>
Caudal de tratamiento medio	<b>625 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>174 l/s</b>
Caudal tratamiento máximo	<b>1103 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>306 l/s</b>

Tabla 40. Caudales de tratamiento

- Dosis de diseño cloro activo media: 4 mg/l
- Dosis de diseño cloro activo máximo: 6 mg/l

Dosificación de hipoclorito:

- $\text{Peso de Cloro activo}_{\text{medio}} = \text{Caudal}_{\text{medio}} \cdot \text{Dosis cloro activo}_{\text{media}}$   

$$= 625 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 4 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot \frac{1000\text{l}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{mg}} = 2,5 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$
- $\text{Peso de Cloro activo}_{\text{max.}} = \text{Caudal}_{\text{max.}} \cdot \text{Dosis cloro activo}_{\text{max.}}$   

$$= 1103 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 6 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot \frac{1000\text{l}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{mg}} = 6,62 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$
- $\text{Dosis Hipoclorito}_{\text{medio}} = \frac{\text{Peso de Cloro activo}_{\text{medio}}}{\text{Contenido de cloro activo}}$   

$$= \frac{2,5 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{150 \frac{\text{g}}{\text{l}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{g}}} = 16,67 \text{ l/h}$$
- $\text{Dosis Hipoclorito}_{\text{max.}} = \frac{\text{Peso de Cloro activo}_{\text{max.}}}{\text{Contenido de cloro activo}}$

$$= \frac{6,62 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{150 \frac{\text{g}}{\text{l}} \cdot \frac{1\text{kg}}{1000\text{g}}} = \mathbf{44,13 \text{ l/h}}$$

Tal y como se indica en las características de diseño únicamente hay una bomba en funcionamiento, por lo que considerando que debemos impulsar la dosis hipoclorito punta, tenemos que:

$$\text{Caudal unitario} = \frac{\text{Dosis Hipoclorito}_{\text{max}}}{n^{\circ} \text{ unidades}} = \frac{44,13 \text{ l/h}}{1} = \mathbf{44,13 \text{ l/h}}$$

- Caudal<sub>seleccionado</sub> = **45 l/h**

Tomando como dato de diseño, que se trabaja con una dilución del 10%, se procede al cálculo del caudal de agua necesario, y del caudal del único rotámetro instalado:

$$\begin{aligned} \text{Caudal agua}_{\text{necesario}} &= \text{Caudal}_{\text{seleccionado}} \cdot \left( \frac{1 - \frac{\text{Dilución}}{100}}{\frac{\text{Dilución}}{100}} \right) \\ &= 45 \text{ l/h} \cdot \left( \frac{1 - \frac{10}{100}}{\frac{10}{100}} \right) = \mathbf{405 \text{ l/h}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Caudal unitario agua}_{\text{necesario}} &= \frac{\text{Caudal agua}_{\text{necesario}}}{n^{\circ} \text{ unidades}} \\ &= \frac{405 \text{ l/h}}{1} = \mathbf{405 \text{ l/h}} \end{aligned}$$

- Caudal<sub>seleccionado</sub> = **405 l/h**

El volumen de hipoclorito necesario, depende de la dosis de hipoclorito, y la autonomía de almacenamiento, que quedó definida en los datos iniciales.

$$\begin{aligned} V_{\text{hipoclorito}} &= \text{Dosis Hipoclorito}_{\text{medio}} \cdot \text{Autonomía almacenamiento} \\ \text{necesario} &= 16,67 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ días}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \cdot 15 \text{ días} = \mathbf{6 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Para dimensionar el Canal de cloración, se estipulan los datos bases indicados en la tabla 41.

PARÁMETRO	VALOR
Tipo de canal	<b>Laberinto</b>
Tiempo de contacto	<b>12 min</b>
Profundidad canal	<b>1,25 m</b>

Ancho canal	<b>1,5 m</b>
Nº de canales	<b>5</b>

Tabla 41. Datos diseño Canal de cloración

$$\text{Volumen}_{\text{canal cloración}} = \text{Caudal}_{\text{medio}} \cdot \text{Tiempo de contacto}$$

$$= 625 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \cdot 12 \text{ min} = \mathbf{125 \text{ m}^3}$$

$$\text{Superficie}_{\text{canal cloración}} = \frac{\text{Volumen}_{\text{canal cloración}}}{\text{Profundidad}_{\text{canal cloración}}} = \frac{125 \text{ m}^3}{1,25 \text{ m}} = \mathbf{100 \text{ m}^2}$$

$$\text{Longitud total}_{\text{canal cloración}} = \frac{\text{Superficie}_{\text{canal cloración}}}{\text{Ancho}_{\text{canal cloración}}} = \frac{100 \text{ m}^2}{1,5 \text{ m}} = \mathbf{66,67 \text{ m}}$$

Determinada la longitud total, se puede calcular la longitud de cada canal:

$$\text{Longitud}_{\text{canal unitario}} = \frac{\text{Longitud total}_{\text{canal cloración}}}{\text{Nº de canales}} = \frac{66,67 \text{ m}}{5} = \mathbf{13,34 \text{ m}}$$

### 1.3.Línea de fangos

Previo a comenzar el diseño de la instalación de la línea de fangos, debemos determinar la cantidad de fangos y los caudales que trataremos a lo largo de esta parte de la planta. En este caso, se trabajará tanto con los fangos recogidos en la decantación primaria, como con los fangos en exceso procedentes del tratamiento biológico.

- Fangos procedentes de Decantación primaria= 1837,5 kg/día
- Fangos en exceso de Tratamiento biológico= 2403,01 kg/día
- Masa total de fangos= 4240,51 kg/día

Tal y como se indicó, tras el dimensionamiento del decantador secundario, parte constitutiva del tratamiento biológico, la concentración de los fangos en exceso, se establece en  $6 \text{ kg/m}^3$ , y por tanto:

$$\text{Volumen}_{\text{fangos}} = \frac{\text{Masa total de fangos}}{\text{Concentración de fangos en exceso}} = \frac{4240,51 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \mathbf{706,75 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

### 1.3.1. Bombeo de fangos

Se comienza el dimensionamiento, determinando la unidad de bombeo que se encarga de impulsar los caudales de fangos para comenzar con su tratamiento en el espesador.

Los datos previos estipulados para el diseño:

- Tipo de bomba: Sumergible centrífuga monocanal
- Nº de unidades instaladas: 2
- Nº de unidades en funcionamiento: 1
- Altura de elevación: 5 m.c.a.

Las características y caudales del fango son los indicados en el punto anterior.

Estipulando el tiempo de purga de fangos en 6 horas/día, se puede calcular el caudal de bombeo por hora:

$$\text{Caudal}_{\text{bombeo}} = \frac{\text{Caudal diario fangos}}{\text{Horas de purga}} = \frac{706,75 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{6 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 117,79 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Como únicamente se mantiene en funcionamiento una bomba:

$$\text{Caudal}_{\text{unitario bombeo}} = \frac{\text{Caudal}_{\text{bombeo}}}{\text{Nº de unidades}} = \frac{117,79 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}}{1} = 117,79 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

La altura manométrica de la bomba, corresponderá a la altura de elevación, a la que sumamos 1,5, quedando su valor en 6,5 m.c.a.

El diámetro de la conducción de salida de la unidad de bombeo de fangos, queda estipulada en 150mm, con vistas a evitar posibles atascos a lo largo del recorrido.

### 1.3.2. Espesamiento

La única unidad de espesamiento instalada es de forma circular y actúa por gravedad. El sistema de acumulación de fangos es mediante rasquetas.

Los parámetros de diseño son los relacionados en la tabla 42.

PARÁMETRO	VALOR
Carga sólidos	<70 kg/m <sup>2</sup> ·día
TRH	25 horas
Carga hidráulica (C <sub>H</sub> )	0,2 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·h
Concentración de fangos espesados	8 %

Tabla 42. Parámetros de diseño para Espesador.



Partiendo de estos datos, y de los caudales previamente definidos, se puede comenzar con el dimensionamiento.

$$\text{Superficie} = \frac{\text{Volumen}_{\text{fangos}}}{C_H \cdot n^{\circ} \text{ de unidades}} = \frac{706,75 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}}}{0,2 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \cdot 1} = 147,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Diametro} = \sqrt{4 \cdot \frac{\text{Superficie}}{\pi}} = \sqrt{4 \cdot \frac{147,24 \text{ m}^2}{\pi}} = 13,69 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Volumen}_{\text{fangos}} \cdot \text{TRH}}{n^{\circ} \text{ de unidades}} = \frac{706,75 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \cdot 25 \text{ horas}}{1} = 736 \text{ m}^3$$

$$\text{Altura} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Superficie}} = \frac{736 \text{ m}^3}{147,24 \text{ m}^2} = 5,00 \text{ m}$$

Conocidos todos estos datos, podemos verificar su validez, comprobando que la carga de sólidos en el espesador cumple la condición estipulada en diseño.

$$\text{Carga sólidos} = \frac{\text{Masa total}_{\text{fangos}}}{\text{Superficie} \cdot n^{\circ} \text{ de unidades}} = \frac{4240,51 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{147,24 \text{ m}^2 \cdot 1} = 28,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}$$

Se cumple la condición, pues la carga de sólidos es inferior a  $70 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{día}$ , entonces se puede tomar como válido el dimensionamiento anterior.

Para finalizar con el espesado de los fangos, se procede con el cálculo de los caudales de salida del espesador.

PARÁMETRO	VALOR	VALOR
Concentración de fangos espesados	8 %	80000 mg/l

Tabla 43. Datos Concentración de fangos espesados

$$\text{Volumen}_{\text{salida espesador}} = \frac{\text{Masa total}_{\text{fangos}}}{\text{Concentración}_{\text{fangos espesados}}}$$

$$= \frac{4240,51 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{80000 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}}} = 53,01 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Si se toma que el n° de horas de purga del espesador es 7 horas/día:

$$\text{Caudal}_{\text{salida}} = \frac{\text{Volumen}_{\text{salida espesador}}}{\text{Horas de purga}} = \frac{53,01 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{7 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 7,57 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Existe una cantidad de fangos de rebose, que se determinan a continuación:

$$\begin{aligned}\text{Caudal}_{\text{diario rebose}} &= \text{Volumen}_{\text{fangos}} - \text{Volumen}_{\text{salida espesador}} \\ &= 706,75 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} - 53,01 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 653,74 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}\end{aligned}$$

### 1.3.3. Acondicionamiento

El acondicionamiento previo a la deshidratación de los fangos, se realizará con reactivo de floculación en polvo, Polielectrólito catiónico. El suministro de dicho reactivo, se realiza en sacos de 25 kg.

Las dosis de reactivo son:

- Dosis media reactivo puro= 4 kg/Tms
- Dosis máxima reactivo puro= 6 kg/Tms

Teniendo en cuenta que los días de trabajo por semana estipulados para esta unidad son 5, y que al día las horas de trabajo son 7, se puede definir los caudales diario y horario por día y hora realmente trabajada, en función de los datos determinados en el espesador, así como la masa de materia seca diaria y horaria.

- Caudal diario, por día realmente trabajado:

$$\text{Caudal}_{\text{diario}} = \frac{\text{Caudal}_{\text{salida espesador}}}{\text{Días de trabajo reales}} = \frac{53,01 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{5 \frac{\text{día}}{7 \text{ días}}} = 74,21 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

- Caudal horario, por hora realmente trabajada:

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Caudal}_{\text{diario}}}{\text{Horas de trabajo reales}} = \frac{7,57 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}}{7 \frac{\text{hora}}{\text{día}}} = 10,6 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

- Masa diaria, por día realmente trabajado:

$$\text{Masa}_{\text{diaria}} = \frac{\text{Cantidad de materia seca en fangos}}{\text{Días de trabajo reales}} = \frac{4240,51 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{5 \frac{\text{día}}{7 \text{ días}}} = 5936,71 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

- Masa horaria, por hora realmente trabajada:

$$\text{Masa}_{\text{horaria}} = \frac{\text{Masa}_{\text{diaria}}}{\text{Horas de trabajo reales}} = \frac{5936,71 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{7 \frac{\text{hora}}{\text{día}}} = 848,1 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$

Conocidos los caudales y la cantidad en peso con lo que realmente se trabaja en esta unidad, y definidas las dosis de reactivo, se puede conocer el consumo de polielectrólito:

- Consumo horario medio polielectrólito:

$$\begin{aligned} \text{Consumo}_{\text{polielectrólito}}^{\text{medio}} &= \text{Masa}_{\text{horaria}} \cdot \text{Dosis}_{\text{reactivo}}^{\text{media}} \\ &= 848,1 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \cdot 4 \frac{\text{kg}_{\text{reactivo}}}{\text{Tms}} \cdot \frac{1 \text{Tms}}{1000 \text{ kg}} = \mathbf{3,39 \frac{\text{kg}}{\text{h}}} \end{aligned}$$

- Consumo horario máximo polielectrólito:

$$\begin{aligned} \text{Consumo}_{\text{polielectrólito}}^{\text{máximo}} &= \text{Masa}_{\text{horaria}} \cdot \text{Dosis}_{\text{reactivo}}^{\text{máxima}} \\ &= 848,1 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} \cdot 6 \frac{\text{kg}_{\text{reactivo}}}{\text{Tms}} \cdot \frac{1 \text{Tms}}{1000 \text{ kg}} = \mathbf{5,09 \frac{\text{kg}}{\text{h}}} \end{aligned}$$

Consumo diario, y consumo semanal son entonces:

- Consumo diario polielectrólito:

$$\begin{aligned} \text{Consumo}_{\text{diario}} &= \text{Consumo}_{\text{polielectrólito}}^{\text{medio}} \cdot \text{Horas de trabajo reales} \\ &= 3,39 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 7 \frac{\text{h}}{\text{día}} = \mathbf{23,75 \frac{\text{kg}}{\text{día}}} \end{aligned}$$

- Consumo semanal polielectrólito:

$$\begin{aligned} \text{Consumo}_{\text{semanal}} &= \text{Consumo}_{\text{diario}} \cdot \text{Días de trabajo reales} \\ &= 23,75 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} = \mathbf{118,75 \frac{\text{kg}}{\text{semana}}} \end{aligned}$$

Si se estipula la capacidad de almacenamiento en 30 días, se puede conocer el nº de sacos almacenados, para cumplir con el consumo calculado:

$$\begin{aligned} \text{Nº sacos}_{\text{almacenados}} &= \frac{\text{Consumo}_{\text{polielectrólito}}^{\text{diario}} \cdot \text{Capacidad}_{\text{almacenamiento}}}{\text{Cantidad polielectrolito por saco}} \\ &= \frac{23,75 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \cdot 30 \text{ días}}{25 \frac{\text{kg}}{\text{saco}}} = \mathbf{28,5 \text{ sacos}} \end{aligned}$$

Se decide instalar un sistema compacto de preparación y dosificación automático, el cual produce la dilución del polielectrólito para su incorporación al fango, y así cumplir la misión de acondicionamiento.

La concentración de la solución madre se fija en 1%, por lo tanto el consumo de la solución madre será de:

- Consumo solución madre medio:

$$\text{Consumo}_{\text{solución madre medio}} = \frac{\text{Consumo}_{\text{polielectrolito medio}}}{\text{Concentración}_{\text{solución madre}}} = \frac{3,39 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{\left(\frac{1}{100}\right)} = 339 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

- Consumo solución madre máximo

$$\text{Consumo}_{\text{solución madre maximo}} = \frac{\text{Consumo}_{\text{polielectrolito maximo}}}{\text{Concentración}_{\text{solución madre}}} = \frac{5,09 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{\frac{1}{100}} = 509 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

- Consumo solución madre diario

$$\begin{aligned} \text{Consumo}_{\text{solución madre diario}} &= \text{Consumo}_{\text{solución madre medio}} \cdot \text{Horas de trabajo reales} \\ &= 339 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 2375 \frac{\text{l}}{\text{día}} \end{aligned}$$

Para la dosificación de esta solución madre, contando con que únicamente hay instalada una unidad, la capacidad de bombeo de dicha dosificación, debe ser, el máximo caudal posible calculado, en este caso, 509 l/h, adoptándose finalmente un caudal de 550 l/h.

#### 1.3.4. Deshidratación

El tratamiento de los fangos finaliza en esta unidad, cuyos parámetros de diseño son:

- Tipo de instalación: centrífuga
- Regulación mediante accionamiento directo
- N° de unidades instaladas y en funcionamiento: 3
- Concentración fangos salida: 23 %
- Rendimiento: 90 %

El bombeo de los fangos a deshidratación, se realizará mediante tornillo helicoidal, de los cuales hay instaladas 2 unidades, de las cuales únicamente hay una en funcionamiento. Los días y horas de trabajo estipulados de este grupo de bombeo es de 5 y 7, respectivamente, valores coincidentes con la instalación de acondicionamiento.

El almacenamiento del producto final, se realiza en un tolva elevada, con capacidad de almacenamiento de 2 días. El transporte hasta la tolva se realiza mediante cinta transportadora.

Para comenzar con el dimensionamiento, se estipulan los caudales, y la masa de fangos con las que trabajará el grupo de bombeo. En este caso al coincidir las horas de funcionamiento, el cálculo idéntico al realizado en acondicionamiento, quedando a continuación únicamente reflejado los valores calculados:

- Caudal diario, por día realmente trabajado:

$$\text{Caudal}_{\text{diario}} = 74,21 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

- Caudal horario, por hora realmente trabajada:

$$\text{Caudal} = 10,6 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

- Masa diaria, por día realmente trabajado:

$$\text{Masa}_{\text{diaria}} = 5936,71 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

- Masa horaria, por hora realmente trabajada:

$$\text{Masa}_{\text{horaria}} = 848,1 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$

Dado que únicamente una bomba se encuentra en funcionamiento, para la impulsión de los fangos a deshidratación.

$$\text{Caudal}_{\text{unitario bombeo}} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Nº de unidades}} = \frac{10,6 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}}{1} = 10,6 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Una vez definidos todos estos datos previos, se procede con el cálculo de los parámetros en deshidratación.

Como se ha indicado, disponemos de 3 unidades instaladas y en funcionamiento, por tanto, se calcula el caudal unitario y la masa unitaria de fangos en tratamiento.

$$\text{Caudal}_{\text{unitario deshidratación}} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Nº unidades}} = \frac{10,6 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}}{3} = 3,53 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

$$\text{Masa}_{\text{unitaria deshidratación}} = \frac{\text{Masa}_{\text{horaria}}}{\text{Nº unidades}} = \frac{848,1 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{3} = 282,7 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$

Tal y como se ha indicado inicialmente, el rendimiento del deshidratador es del 90%, por lo que entonces la masa de fangos deshidratados por día de trabajo es:

$$\text{Masa}_{\text{fangos deshidratados}} = \frac{\text{Masa}_{\text{diaria}}}{\text{Rendimiento}} = \frac{5936,71 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{\left(\frac{90}{100}\right)} = 5343,04 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Siendo la concentración del fango de salida del deshidratador del 23%:

$$\text{Volumen}_{\text{fangos deshidratados}} = \frac{\text{Masa}_{\text{fangos deshidratados}}}{\text{Concentración}_{\text{salida}}} = \frac{5343,04 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}}{230 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 23,23 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Para finalizar el diseño, calculamos el volumen de almacenamiento adoptado para la tolva elevada, conociendo que su capacidad de almacenamiento son 2 días:

$$\begin{aligned} \text{Volumen}_{\text{almacenamiento adoptado}} &= \text{Volumen}_{\text{fangos deshidratados}} \cdot \text{Días}_{\text{almacenamiento}} \\ &= 23,23 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot 2 \text{ días} = 46,46 \text{m}^3 \rightarrow 50 \text{m}^3 \end{aligned}$$

## 2. POTENCIA INSTALADA

Se desglosa a continuación, la potencia instalada en la planta diseñada en los puntos anteriores.

DESIGNACION	POTENCIA INSTALADA		
	Uds.	P.un(KW)	KW <sub>inst</sub>
<b>1.- PRETRATAMIENTO y BOMBEO</b>			
<b>1.1.-Elevación de Agua Bruta</b>			
1.1.1 Bombas de Elevación de A.B.	5	15,00	75,00
1.1.2 Polipasto cuchara bivalva y mto.			
Elevación	1	3,00	3,00
Traslación	1	1,10	1,10
<b>1.2.- Pretratamiento y Desarenado desengrasado</b>			
1.2.1 Reja de gruesos	2	1,10	2,20
1.2.2 Reja de finos	2	1,10	2,20
1.2.3 Cinta transportadora	2	1,50	3,00
1.2.4 Compactador-transportador	1	1,50	1,50
1.2.5 Puentes desarenadores-desengr.	2	0,37	0,74
1.2.6 Bombas de arenas	1	1,10	1,10
1.2.7 Soplantes	3	5,00	15,00
1.2,8 Tornillo extractor de arenas	1	1,50	1,50
1.2.9 Desnatador	1	0,37	0,37
<b>1.3.- Otras instalaciones</b>			
1.3.1 Tomas de corriente	1	5,00	5,00
1.3.2 Alumbrado	1	4,80	4,80
<b>CONSUMO PRETRATAMIENTO Y BOMBEO</b>	<b>24</b>		<b>116,51</b>
<b>2. DECANTACION PRIMARIA</b>			
2.1.- Decantador primario			
2.1.1 Decantador Primario	2	1,10	2,20
2.1.2 Bombas de fangos	2	3,00	6,00

2.1.3 Válvula purga flotantes	1	0,18	0,18
2.1.4 Bombas de flotantes	1	2,20	2,20
<b>CONSUMO DECANTACIÓN PRIMARIA</b>	<b>6</b>		<b>4,4</b>
<b>3. REACTOR BIOLOGICO Y DESHIDRATAACION</b>			
3.1.- Reactor biológico			
3.1.1 Soplantes	3	45,00	135,00
3.1.2 Vehiculadores	4	6,00	24,00
3.2.- Espesamiento por Gravedad			
3.2.1 Espesador de Gravedad	1	0,75	0,75
3.3.- Deshidratación mecánica			
3.3.1 Bombeo de fangos a centrifugas	2	1,50	3,00
3.3.2 Agitación dosificación	1	0,18	0,18
3.3.3 Bombas dosificadoras	1	0,18	0,18
3.3.4 Centrifugas	3	30,00	90,00
3.3.5 Tornillo transportador	2	1,50	3,00
3.3.5 Cinta transportadora	1	1,50	3,00
3.3.6 Ventilador	1	0,20	0,20
3.3.7 Apertura Tolva	1	0,50	0,50
<b>3.4.- Otras instalaciones</b>			
3.4.2 Bombeo de vaciados	1	10,00	10,00
3.4.3 Tomas de corriente	1	5,00	5,00
3.4.4 Alumbrado	1	2,50	2,50
<b>CONSUMO REACTOR BIOLOGICO Y DESHIDRATAACION</b>	<b>23</b>		<b>277,31</b>
<b>4. DECANTACION 2ª y DESINFECCION</b>			
4.1.- Decantador secundario y B. Fangos			
4.1.1 Decantador secundario	2	1,10	2,20
4.1.3 Bombas de recirculación	3	15,00	45,00
4.1.4 Bombas de fangos en exceso	2	3,00	6,00
4.1.5 Válvula purga flotantes	2	0,18	0,36
4.1.6 Bombas de flotantes	1	2,20	2,20
4.2.- Desinfección del efluente			
4.2.1 Bombas dosificadoras	2	0,25	0,50
4.2.2 Ventilador - extractor	1	1,50	1,50
4.2.3 Bomba de trasvase	1	1,50	1,50
4.2.4 Agitador vertical	1	0,18	0,18
<b>4.3.- Grupo de Presión</b>			
4.3.1 Grupo presión agua industrial	2	3,00	6,00
4.4.- Otras Instalaciones			
4.4.1 Tomas de corriente	1	3,00	3,00

4.4.2 Alumbrado	1	0,30	0,30
<b>CONSUMO DECANTACION 2ª y DESINFECCION</b>	<b>19</b>		<b>68,74</b>
<b>5. SERVICIOS GENERALES</b>			
<b>5.1 Edificio de control</b>			
5.1.1. Aire Acondicionado	1	8,00	8,00
5.1.2 Laboratorio	1	10,00	10,00
5.1.3 Taller	1	8,00	8,00
5.1.4 Aire comprimido	1	2,00	2,00
5.1.5 Tomas de corriente	1	5,00	5,00
5.1.6 Alumbrado	1	2,10	2,10
<b>5.2 Urbanización</b>			
5.2.1 Alumbrado Exterior	1	5,30	5,30
<b>CONSUMO SERVICIOS GENERALES</b>	<b>7</b>		<b>40,4</b>
<b>RESUMEN</b>			
1.- PRETRATAMIENTO y BOMBEO	24		116,51
2. DECANTACION PRIMARIA	6	0	4,40
3. REACTOR BIOLOGICO Y DESHIDRATACION	23		277
4. DECANTACION 2ª y DESINFECCION	19		69
5. SERVICIOS GENERALES	7		40,40
<b>TOTAL...</b>	<b>79</b>		<b>507,36</b>

### 3. POTENCIA SIMULTÁNEA Y ENERGÍA CONSUMIDA

Las unidades instaladas, no siempre coinciden con las unidades en uso de la instalación, por lo que, en este punto se desglosa la potencia consumida, en este caso, por las unidades instaladas que se podrían encontrar simultáneamente en funcionamiento. También se indica el consumo diario de energía, pues se determinan las horas de trabajo de cada unidad.

DESIGNACION	POT. SIMULTANEA			TIEMPO	CONSUMO
	Uds.	P.un (KW)	KW	HORAS/DIA	KWH/DIA
1.- PRETRATAMIENTO y BOMBEO					
1.1.-Elevación de Agua Bruta					
1.1.1 Bombas de Elevación de A.B.	4	15,00	60,00	20,000	1.200,000
1.1.2 Polipasto cuchara bivalva y mto.					
Elevación	1	3,00	3,00	1,000	3,000
Traslación	1	1,10	1,10	1,000	1,100
1.2.- Pretratamiento y Desarenado desengrasado					
1.2.1 Reja de gruesos	1	1,10	1,10	2,500	2,750



1.2.2 Reja de finos	1	1,10	1,10	2,500	2,750
1.2.3 Cinta transportadora	2	1,50	3,00	2,500	7,500
1.2.4 Compactador-transportador	1	1,50	1,50	3,500	5,250
1.2.5 Puentes desarenadores-desengr.	2	0,37	0,74	24,000	17,760
1.2.6 Bombas de arenas	1	1,10	1,10	12,000	13,200
1.2.7 Soplanges	2	4,10	8,20	16,000	131,200
1.2.8 Tornillo extractor de arenas	1	1,50	1,50	12,000	18,000
1.2.9 Desnatador	1	0,37	0,37	2,500	0,925
<b>1.3.- Otras instalaciones</b>					
1.3.1 Tomas de corriente	1	5,00	5,00	2,000	10,000
1.3.2 Alumbrado	1	4,80	4,80	5,000	24,000
<b>CONSUMO PRETRATAMIENTO y BOMBEO</b>	<b>20</b>		<b>92,51</b>		<b>1437,435</b>
<b>2. DECANTACION PRIMARIA</b>					
2.1.- Decantador primario					
2.1.1 Decantador Primario	2	1,10	2,20	16,000	35,200
2.1.2 Bombas de fangos	1	3,00	3,00	6,000	18,000
2.1.3 Válvula purga flotantes	1	0,18	0,18	0,100	0,018
2.1.4 Bombas de flotantes	1	2,20	2,20	0,200	0,440
<b>CONSUMO DECANTACION PRIMARIA</b>	<b>5</b>		<b>7,58</b>		<b>53,658</b>
<b>3. REACTOR BIOLOGICO Y DESHIDRATACION</b>					
3.1.- Reactor biológico					
3.1.1 Soplanges	2	45,00	90,00	24,000	2.160,000
3.1.2 Vehiculadores	4	6,00	24,00	24,000	576,000
3.2.- Espesamiento por Gravedad					
3.2.1 Espesador de Gravedad	1	0,75	0,75	24,000	18,000
3.3.- Deshidratación mecánica					
3.3.1 Bombeo de fangos a centrífugas	1	1,50	1,50	7,000	10,500
3.3.2 Agitación dosificación	1	0,18	0,18	7,000	1,300
3.3.3 Bombas dosificadoras	1	0,18	0,18	7,000	1,300
3.3.4 Centrífugas	3	30,00	90,00	7,000	630,000
3.3.5 Tornillo transportador	1	1,50	1,50	7,000	10,500
3.3.5 Cinta transportadora	1	1,50	1,50	7,000	10,500
3.3.6 Ventilador	1	0,20	0,20	7,000	1,400
3.3.7 Apertura Tolva	1	0,50	0,50	0,000	0,000
<b>3.4.- Otras instalaciones</b>					
3.4.2 Bombeo de vaciados	1	10,00	10,00	0,000	
3.4.3 Tomas de corriente	1	5,00	5,00	2,000	10,000
3.4.4 Alumbrado	1	2,50	2,50	5,000	12,500
<b>CONSUMO REACTOR BIOLOGICO Y DESHIDRATACION</b>	<b>20</b>		<b>227,81</b>		<b>3.442,000</b>

#### 4. DECANTACION 2ª y DESINFECCION

##### 4.1.- Decantador secundario y B. Fangos

4.1.1 Decantador secundario	2	1,10	2,20	24,000	52,800
4.1.3 Bombas de recirculación	2	15,00	30,00	12,000	360,000
4.1.4 Bombas de fangos en exceso	1	3,00	3,00	5,000	15,000
4.1.5 Válvula purga flotantes	2	0,18	0,36	0,100	0,036
4.1.6 Bombas de flotantes	1	2,20	2,20	0,100	0,220

##### 4.2.- Desinfección del efluente

4.2.1 Bombas dosificadoras	1	0,25	0,25		0,0
4.2.2 Ventilador - extractor	1	1,5	1,50		0,0
4.2.3 Bomba de trasvase	1	1,5	1,50		0,0
4.2.4 Agitador vertical	1	0,18	0,18		0,0

##### 4.3.- Grupo de Presión

4.3.1 Grupo presión agua industrial	1	3	3,00	4,0	12,0
-------------------------------------	---	---	------	-----	------

##### 4.4.- Otras Instalaciones

4.4.1 Tomas de corriente	1	3,00	3,00	2,000	6,000
4.4.2 Alumbrado	1	0,30	0,30	5,000	1,500

<b>CONSUMO DECANTACION 2ª y DESINFECCION</b>	<b>15</b>		<b>47,49</b>		<b>447,556</b>
--	-----------	--	--------------	--	----------------

#### 5. SERVICIOS GENERALES

##### 5.1 Edificio de control

5.1.1. Aire Acondicionado	1	8,00	8,00	5,000	40,000
5.1.2 Laboratorio	1	10,00	10,00	3,500	35,000
5.1.3 Taller	1	8,00	8,00	3,500	28,000
5.1.4 Aire comprimido	1	2,00	2,00	1,000	2,000
5.1.5 Tomas de corriente	1	5,00	5,00	4,000	20,000
5.1.6 Alumbrado	1	2,10	2,10	5,000	10,500

##### 5.2 Urbanización

5.2.1 Alumbrado Exterior	1	5,30	5,30	8,000	42,400
--------------------------	---	------	------	-------	--------

<b>CONSUMO SERVICIOS GENERALES</b>	<b>7</b>		<b>40,4</b>		<b>177,9</b>
------------------------------------	----------	--	-------------	--	--------------

#### RESUMEN

1.- PRETRATAMIENTO y BOMBEO	20		92,51		1.437,44
2. DECANTACION PRIMARIA	5	0	7,58	0,00	53,66
3. REACTOR BIOLOGICO Y DESHIDRATACION	20		228		3442
4. DECANTACION 2ª y DESINFECCION	15		47		448
5. SERVICIOS GENERALES	7		40,40		177,90
<b>CONSUMO TOTAL...</b>	<b>67</b>		<b>415,79</b>		<b>5.558,55</b>