



Universitat Jaume I

Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals

Grau en Enginyeria Química

Diseño de un lecho bacteriano para una E.D.A.R

Trabajo Fin de Grado

Autor/a: Belén Vergara Braulio

Tutor/a: María José Gimeno Pérez

Castellón, Noviembre de 2019

Índice General

0. RESUMEN

1. MEMORIA

2. ANEXOS

ANEXO N°1 DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

ANEXO N°2 CÁLCULOS

ANEXO N°3 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

3. PLANOS

4. PLIEGO DE CONDICIONES

5. ESTADO DE MEDICIONES

6. PRESUPUESTO

0. Resumen

Diseño de un lecho bacteriano para una EDAR

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un tratamiento secundario para una Estación Depuradora de Aguas Residuales para atender las necesidades de depuración del municipio de Villamalur. Este proyecto definirá las características que posee el agua que llega de la EDAR, la calidad del agua que se debe obtener a la salida del tratamiento secundario y el caudal de diseño para las instalaciones.

Para ello se tendrá en cuenta la legislación vigente, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de aguas urbanas.

Así pues se pretende diseñar un tratamiento secundario que tenga la calidad suficiente para tratar las aguas urbanas del municipio.

Por último se incluyen en este proyecto los cálculos necesarios para conocer el dimensionamiento necesario de la planta mediante diferentes métodos de selección, donde se elegirán los mejores resultados y operaciones que van a formar parte del tratamiento secundario, así como un presupuesto que haga balance del coste de construcción y una estimación del rendimiento económico de la planta.

1. Memoria

ÍNDICE

1. OBJETO	7
2. ALCANCE	8
3. ANTECEDENTES	11
4. NORMAS Y REFERENCIAS	13
4.1 Normativa de aplicación en las aguas residuales	13
4.2 Bibliografía	13
4.3 Webgrafía.....	14
5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	16
5.1 Definiciones	16
5.2 Abreviaturas.....	16
6. REQUISITOS DEL DISEÑO.	20
6.1 Definición	20
6.2 Determinación de datos de partida. Caudales	20
6.3 Determinación de datos de partida. Contaminación.	21
7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES	23
7.1 Lagunaje.....	25
7.2 Filtros de turba	26
7.3 Filtros intermitentes de arena.....	27
7.4 Lecho bacteriano o filtro percolador.....	28
7.5 Criterios de elección y valoración de las alternativas	29
7.5.1 Criterio económico	30
7.5.2 Criterio técnico	30
7.5.3 Criterio ambiental	31
7.5.4 Rendimientos	31
7.5.5 Conclusiones.....	32
8. RESULTADOS FINALES	33

9. PLANIFICACIÓN	34
10. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS	36
11. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	37
11.1 Resumen del presupuesto.....	37
11.2 Presupuesto de explotación.....	38
11.2.1 Gastos directos	38
11.2.2 Gastos indirectos	39
11.2.3 Gastos totales.....	42
11.3 Beneficios	43

FIGURAS

Figura. M. 1. Localización del emplazamiento..... 9

Figura. M. 2. Parcela para el emplazamiento de la EDAR. 9

Figura. M. 3. Acceso a la parcela para el emplazamiento de la EDAR. 10

Figura. M. 4. Situación de Villamalur dentro de la comarca. 11

Figura. M. 5. Planta depuradora con sistema de Lagunaje. 26

Figura. M. 6. Esquema de un filtro de turba. 27

Figura. M. 7. Esquema de un filtro intermitente de arena..... 28

Figura. M. 8. Esquema de un lecho bacteriano. 29

Figura. M. 9. Diagrama de Gantt. 35

TABLAS

Tabla. M. 1. Caudales de diseño de la EDAR de Villamalur.	20
Tabla. M. 2. Características del agua residual.	21
Tabla. M. 3. Población equivalente del municipio de Villamalur.	22
Tabla. M. 4. Tecnologías recomendadas según el criterio de tamaño de población.	24
Tabla. M. 5. . Elección del criterio económico.	30
Tabla. M. 6. Elección del criterio técnico.	30
Tabla. M. 7. Elección del criterio ambiental.	31
Tabla. M. 8. Rendimiento de los sistemas de depuración.	31
Tabla. M. 9. Planificación del proyecto.	34
Tabla. M. 10. PEM	37
Tabla. M. 11. PEC	38
Tabla. M. 12. Consumo eléctrico de los equipos.	39
Tabla. M. 13. Costes asociados al consumo eléctrico.	39
Tabla. M. 14. Coste del personal.	40
Tabla. M. 15. Amortización.	41
Tabla. M. 16. Otros costes indirectos.	42
Tabla. M. 17. Gastos indirectos.	42
Tabla. M. 18. Gastos totales.	43
Tabla. M. 19. Beneficios brutos.	44

1. OBJETO

En el municipio de Villamalur, la nueva depuradora debe disponer de la capacidad suficiente para depurar el incremento de volumen por población estival que prevea el tratamiento adecuado de las aguas del Suelo Urbano actual.

Para ello se plantea que la estación depuradora cuente con:

- Un reactor biológico de tipo lecho bacteriano.
- Una decantación secundaria.

El objetivo del presente proyecto es recoger, en el ámbito de un trabajo fin de grado, las actuaciones necesarias en la localidad de Villamalur, para desarrollar una red integral de saneamiento y dotar al núcleo de una Estación de Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), controlando y corrigiendo los actuales vertidos, eliminando la contaminación que los mismos producen y mejorando las condiciones actuales.

Con ese fin se debe hacer el diseño, dimensionamiento y construcción de una Estación Depuradora de Aguas Residuales según las indicaciones de los Técnicos de la Excma. Diputación de Castellón. De manera que dicha instalación cumpla con los límites marcados por la Directiva 91/271/CEE transpuesta por el RDL 11/1995, el RD 509/1996 y el RD 2116/1998.

2. ALCANCE

El proyecto se centrará en el diseño y dimensionamiento de la línea de agua del tratamiento secundario de una Estación Depuradora de Aguas Residuales, procedente del municipio de Villamalur.

Villamalur se sitúa en el sector noroccidental del Parque natural de la Sierra de Espadán, en la comarca del Alto Mijares, al oeste de la capital provincial, Castellón de la plana, a una altura de 644 metros del nivel del mar.

El municipio cuenta con un total de 62 habitantes censados.

Por carretera, se sitúa a 42 kilómetros de Castellón de la Plana, accediendo a la localidad a través de la CV-20, tomando en Onda la CV-223, continuando por la CV-205 para alcanzar la CV-202.

En la actualidad, el municipio de Villamalur dispone de una red de saneamiento que recoge las aguas residuales en la totalidad de la población, pero se trata de un sistema de depuración obsoleto ya que las aguas residuales carecen de tratamiento, lo cual se traduce en un grave perjuicio para los espacios naturales circundantes y para el cauce receptor. La red de saneamiento está dividida en dos vertientes; y existen dos puntos de vertidos físicos: Umbria de los Cerezos (punto este de la población) y Partida de Peñiscos (punto oeste de la población).

Todo lo anteriormente descrito, supone una degradación del Medio Ambiente incompatible con las determinaciones de la Ley 29/1985 de Aguas, con las del Reglamento del Dominio Público Hidráulico y con las especificaciones de las Directivas de la Comunidad Europea, relativas a la depuración de aguas residuales procedentes de núcleos de población.

Es por ello que, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población mediante la ampliación y mejora de las infraestructuras de saneamiento existentes en la población de Villamalur, se plantea la redacción del presente proyecto ‘Diseño de un lecho bacteriano para una EDAR’.

La línea de tratamiento estará integrada por:

- Un reactor biológico de tipo Lecho bacteriano.
- Un decantador secundario.

El emplazamiento de la EDAR objeto de este proyecto se localiza en las siguientes coordenadas ED 50 (UTM, Fus 30), como se muestra en la Figura M.1:



Figura. M. 1. Localización del emplazamiento.

Cuya parcela y acceso a la misma se muestran en las Figura. M.2 y Figura.M.3:



Figura. M. 2. Parcela para el emplazamiento de la EDAR.



Figura. M. 3. Acceso a la parcela para el emplazamiento de la EDAR.

El acceso a la EDAR se efectuará a partir de la Calle de Abajo, en el casco urbano y se emplazará en la zona de Travesía de Calle Abajo (antiguas casetas), conectándose a través de la red general de alcantarillado.

A su vez, se realizará un estudio económico para asegurar la viabilidad del proyecto.

3. ANTECEDENTES

El municipio de Villamalur, con 62 habitantes, se ubica en la zona noroccidental del Parque natural del Alto Mijares, al oeste de la capital provincial de Castellón de la Plana, a una altura de 644 metros del nivel del mar.



Figura. M. 4. Situación de Villamalur dentro de la comarca.

El emplazamiento geográfico del municipio sitúa el núcleo urbano sobre un monte elevado por encima de los campos y los barrancos, en el sector noroccidental del Parque Natural de la Sierra de Espadán. Villamalur se encuentra a una altura de 644 metros sobre el nivel del mar y posee un término muy accidentado en cuanto a su relieve se refiere, teniendo una altura de 700 metros.

En sus 19,5 km² de extensión se encuentran grandes extensiones de bosque donde las especies predominantes son los pinos, alcornoques y encinas. De esta manera, 1650 hectáreas del término municipal están ocupadas por extensiones boscosas y 260 hectáreas, por superficies de cultivos.

Villamalur dispone de una red unitaria de alcantarillado que recoge las aguas residuales de las viviendas del casco urbano y, a su vez, el agua pluvial transportada por los colectores situados a lo largo de las calles.

En la actualidad existe un sistema de depuración obsoleto de las aguas residuales, a través de unas balsas de decantación, vertiéndose las aguas a dos puntos físicos, Umbria de los Cerezos y Partida de Peñiscos.

4. NORMAS Y REFERENCIAS

4.1 Normativa de aplicación en las aguas residuales

- Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas y su Directiva complementaria 98/15/CE.
- Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- Real Decreto 125/2007 Ámbito territorial Demarcaciones Hidrográficas.
- Real Decreto 2116/1998 por el que se modifica el RD 509/1996.
- Real Decreto 849/1986 Reglamento Dominio Público Hidráulico (DPH).
- Real Decreto 907/2007 Reglamento Planificación Hidrológica.
- Real Decreto 927/1988 Reglamento Administración Pública Agua y RD 650/1987 Ámbitos de los Organismos de Cuenca.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 2/1992, de 26 de marzo, del Gobierno Valenciano, de saneamiento de aguas residuales de la Comunidad Valenciana.
- Real Decreto 509/1996 de desarrollo del RDL 11/1995. Por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Real Decreto Ley 11/1995, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas (Transposición de la Directiva 91/271/CEE – Distribuye competencias entre administraciones).
-

4.2 Bibliografía

- Libros:

Balairón Pérez, L, (2008), *Tuberías de polietileno*, Madrid, España: AENOR.

Catalán Lafuente, J. G, (1997), *Depuradoras. Bases Científicas*. Madrid, España: Bellisco.

Collado Lara, R., (1992), *Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades*. Madrid, España: Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Hernández Lehmann, A., (1997), *Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales*. Madrid, España: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Metcalf & Eddy, Inc, (1995), *Ingeniería de Aguas Residuales*, Madrid, España.

Moreno Merino, L., (2002), *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno: fundamentos y casos prácticos*. Granada, España. IGME.

Rodrigo Carbonell, M^a D, (2003), *Operaciones básicas de flujo de fluidos*. Castellón de la Plana, España: Publicaciones de la Universidad Jaume I.

4.3 Webgrafía

http://aguas.igme.es/igme/publica/libro33/pdf/lib33/cap_3.pdf

[http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/14187/mod_resource/content/0/DOCUMENTOS DE UN PROYECTO%20DE%20EDAR.pdf](http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/14187/mod_resource/content/0/DOCUMENTOS_DE_UN_PROYECTO%20DE%20EDAR.pdf)

<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/ALIVIADEROS.pdf>

<http://normasapa.com/>

[http://www.argos.gva.es/bdmun/pls/argos_mun/DMEDB_COMADATOSDEPURADORA S.DibujaPagina?aNComaId=8&aVLengua=c](http://www.argos.gva.es/bdmun/pls/argos_mun/DMEDB_COMADATOSDEPURADORA_S.DibujaPagina?aNComaId=8&aVLengua=c)

<http://www.ces.gva.es/pdf/conferencias/02/8.pdf>

<http://www.cienciacanaria.es/files/Guia-sobre-tratamientos-de-aguas-residuales-urbanas-para-pequenos-nucleos-de-poblacion.pdf>

<http://www.ingenieriadelagua.com/2004/JIA/Jia2009/fs/CO16rev.pdf>

[http://www.mapama.gob.es/es/agua/publicaciones/Manual para la gestion de vertidos tcm7-28966.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/agua/publicaciones/Manual_para_la_gestion_de_vertidos_tcm7-28966.pdf)

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1985-16661>

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1995-27963>

<https://www.boe.es/buscar/pdf/1992/BOE-A-1992-12147-consolidado.pdf>

https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1996-7159

https://www.diputaciondepalencia.es/system/files/publicacion-pdf/20160621/manual_depuracion_provincia_palencia12-11-10.pdf

<https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/documentacion/Cap%EDtulos%20M anual/Cap%EDtulos%203%20a%204.pdf>

<https://www.iagua.es/blogs/jorge-chamorro/depuracion-principiantes-v-1-tratamiento-biologico-lechos-bacterianos>

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

5.1 Definiciones

Caudal diario. Caudal de las aguas residuales que circulan por el colector existente y se tratan en la planta depuradora, en tiempo seco. Se expresa en $\text{m}^3/\text{día}$.

Caudal medio. Caudal de las aguas residuales que circulan por el colector existente y se tratan en la depuradora. Se expresa en m^3/h .

Caudal punta. Caudal máximo que, en un determinado momento, se estima que puede entrar en la planta depuradora. Se expresa en m^3/h .

Colector. Tramo del alcantarillado público que conecta diversos ramales de una alcantarilla.

Población equivalente. Aquel que genera una carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO_5) igual a 60 gramos de oxígeno por día.

Población estacional. Aquella que acude a la zona en determinadas épocas del año y que ocupan segundas residencias que están vacías el resto de tiempo.

5.2 Abreviaturas

BEM. Balance de Energía Mecánica.

CH_m . Carga hidráulica media ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$).

CH_p . Carga hidráulica punta ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$).

CO. Carga orgánica ($\text{kgDBO}_5/\text{m}^3/\text{día}$).

C_p . Coeficiente de punta.

C_{vert} . Carga sobre vertedero ($\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}_v$).

d_1 : Diámetro del cilindro (m).

DBO_5 . Demanda Biológica de Oxígeno a los 5 días (mg/l).

D_d : Diámetro del decantador (m).

D_e : Diámetro externo de la conducción (m).

$D_{i,real}$: Diámetro interno real de la conducción (m).

D_i : Diámetro interno de la conducción (m).

DQO. Demanda Química de Oxígeno (mg/l).

E. Rendimiento necesario (%).

e: Espesor de la conducción (m).

EDAR. Estación Depuradora de Aguas Residuales.

g. Gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).

h. Altura del lecho bacteriano (m).

h_1 . Altura del cilindro (m).

Hab. Habitantes.

H_d . Altura del decantador (m).

h_s . Carga total del sistema (m).

INE. Instituto Nacional de Estadística.

l. Litros.

LOE. Ley de Ordenanza de la Edificación.

L_{vert} : Longitud del vertedero de salida (m).

m. Metros.

NKT. Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/l).

P_1 . Presión en el punto inicial de aspiración (Pa).

P_2 . Presión en el punto final de impulsión (Pa).

P_e . Población equivalente (hab).

PEC. Presupuesto de Ejecución por Contrata.

PEM. Presupuesto de Ejecución Material.

P_f . Producción de fangos (kg/h).

P_o . Población en el año base o actual (hab).

PT. Fósforo Total (mg/l).

P_t: Población en año t (hab).

Q: Caudal de agua a tratar (m³/s).

Q_{diario}: Caudal diario (m³/día).

Q_e: Caudal de salida (m³/día).

Q_{medio}: Caudal medio (m³/h).

Q_{punta}: Caudal punta (m³/h).

Q_w: Caudal de purga (m³/día).

r: Tasa de crecimiento acumulativo anual expresado en tanto por uno entre los años t y t₀.

r: Recirculación necesaria.

R_d: Radio del decantador (m).

S: Superficie del lecho bacteriano (m²).

S_{c,real}: Sección real de la conducción (m²).

S_c: Sección del tubo (m²).

S_a: Superficie del decantador (m²).

SS: Sólidos en suspensión (mg/l).

THR: Tiempo de retención hidráulica (h).

T_{máx}: Temperatura máxima (°C).

T_{media}: Temperatura media (°C).

T_{mín}: Temperatura mínima (°C).

U_d: Unidades.

V: Volumen del filtro biológico (m³).

v₁: Velocidad en el punto inicial de aspiración (m/s).

v₂: Velocidad en el punto final de impulsión (m/s).

v_{asc}: Velocidad ascensional (m/h).

V_d: Volumen del decantador (m³).

V_r: Volumen del reactor (m³).

v_{real} : Velocidad (calculada) a la que circula el agua (m/s).

v_{sup} : Velocidad de circulación del agua (supuesta) a través de la conducción (m/s).

X : Concentración de entrada (mg/l).

X_e : Concentración de salida (mg/l).

X_r : Concentración de la corriente de recirculación (mg/l).

z_1 . Altura en el punto inicial de aspiración (m).

z_2 . Altura en el punto final de impulsión (m).

ΔF . Pérdida de carga total o pérdida de energía mecánica por unidad de masa (J/kg).

ΔF_a . Pérdida de carga total por rozamiento y turbulencias en los accidentes del sistema (J/kg).

ΔF_r . Pérdida de carga en los tramos rectos debido al rozamiento y turbulencias (J/kg).

Θ_c . Tiempo de retención celular (días).

ρ . Densidad del agua (kg/m³).

6. REQUISITOS DEL DISEÑO.

6.1 Definición

La importancia de los datos de partida en el desarrollo del proyecto es básica, ya que estos suponen la base del diseño y el compromiso de resultados a obtener.

Para el diseño y dimensionamiento de una EDAR los datos de partida que deben ser especificados son, los caudales a tratar y su carga contaminante.

6.2 Determinación de datos de partida. Caudales

A fin de obtener un adecuado dimensionamiento es necesario conocer datos fiables sobre el caudal que se quiere tratar. En este caso en particular, no se disponen de dichos datos ya que, no se puede acceder a su medida experimental por la dificultad de acceso a la localización, por lo que se ha obtenido el caudal medio a partir de datos bibliográficos referidos al consumo de agua por habitante y día.

El cálculo del caudal ha sido resultado de aplicar el consumo de agua por habitante y día, por el número de habitantes del municipio, teniendo en consideración que en los meses estivales la población del mismo aumenta, como se muestra en la Tabla. M.1. Los cálculos se muestran en el Anexo 1.

Tabla. M. 1. Caudales de diseño de la EDAR de Villamalur.

Datos	Temporada baja	Temporada Alta
Población (hab)	62	412
Dotación (l/hab/día)	200	200
Caudal diario (m ³ /día)	12	82
Caudal medio (m ³ /h)	0,5	3,4
Caudal punta (m ³ /h)	1,2	8,2

Así pues, se obtiene que el caudal diario con el que dimensionar la Estación Depuradora de Aguas Residuales es de un total de 82 m³/día.

6.3 Determinación de datos de partida. Contaminación.

La evolución y determinación de cargas contaminantes para el proyecto han de considerar el análisis de las mismas.

En la mayoría de los casos es conveniente emplear valores medios integrados, puesto que constituyen una metodología más precisa.

Como resulta imposible llevar a cabo un estudio de caracterización del agua residual puesto que no se dispone de datos, las cargas totales que hay que tratar se estiman empleando factores de contaminación basados en la información facilitada por los Técnicos de la Excm. Diputación de Castellón. Como se explica en el Anexo 1.

Así pues, las características del agua residual se muestran en la Tabla M 2:

Tabla. M. 2. Características del agua residual.

Parámetro	Concentración (mg/l)
DBO ₅	360
DQO	720
SS	350
NKT	70
P	12

Con ello, los habitantes equivalentes serán los descritos en la Tabla. M.3:

Tabla. M. 3. Población equivalente del municipio de Villamalur.

Parámetros	Temporada baja	Temporada Alta
Población de diseño (hab)	62	412
DBO ₅ (mg/l)	360	360
Población equivalente (Pe)	72	492

7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

A fin de seleccionar el mejor sistema de tratamiento, en este apartado se enumeran las tecnologías disponibles para tratamientos de aguas residuales para pequeñas y medianas comunidades. El estudio de alternativas se realiza en base a una selección previa de los tratamientos más adecuados para Villamalur.

La elección de los posibles sistemas de depuración debe pasar una primera etapa de preselección, donde las características específicas del proyecto hacen viables o descartables algunas de las alternativas propuestas.

Las aguas residuales se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Sistemas naturales
- Sistemas convencionales

Los primeros, se caracterizan por ser procedimientos en los que el tratamiento principal es proporcionado por componentes del medio natural. Se trata de sistemas que necesitan menor consumo energético y menor producción de fangos. Sin embargo, requieren mayores superficies de terreno disponible.

Por el contrario, los sistemas convencionales, alcanzan resultados equivalentes en superficies mucho más reducidas, pero con mayor consumo energético.

La línea de tratamiento normal de una estación depuradora mediante sistemas convencionales está formada por **pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario** y, en algunos casos, por un **tratamiento terciario**.

A continuación, se detallan la finalidad de cada uno de estos:

Pretratamiento: pretende separar la mayor cantidad de materias del agua residual, que por su naturaleza o por su tamaño, crean problemas en los tratamientos posteriores. La separación se consigue a través de operaciones físicas y/o mecánicas.

Tratamiento primario: tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o fisicoquímico que incluye la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO₅ de las aguas residuales que entran, se reducen, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reducen, por lo menos, en un 50%.

Tratamiento secundario: tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluye un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso.

Tratamiento terciario: tratamiento que se realiza al agua para mejorar alguna de sus características que no se consigue con los tratamientos anteriores.

Para realizar una correcta selección de la tecnología adecuada para el tratamiento secundario, se ha tenido en cuenta: la calidad del efluente, el tamaño de la población y la tipología del agua residual. Información extraída del libro “*Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades*” del ingeniero Ramón Collado Lara. En la Tabla.M.4 se muestra las tecnologías recomendadas en base al criterio concreto de tamaño de la población.

Tabla. M. 4. Tecnologías recomendadas según el criterio de tamaño de población.

Tecnología	Rango de población			
	50-200	200-500	500-1000	1000-2000
Laguna anaerobia				
Lagunaje				
Filtros de turba				
Filtros intermitentes de arena				
Contactador Biológico Rotativo				
Aireación prolongada				
Lechos bacterianos				
Reactor secuencial				
Lodos activos				

Para el municipio de estudio Villamalur, con una población equivalente de 492 habitantes, los métodos de tratamiento que más se le ajustan de acuerdo con la tabla anterior son:

- Lagunaje,
- Filtros de turba,
- Filtros intermitentes de arena
- Lechos bacterianos.

7.1 Lagunaje

El lagunaje consiste en reproducir de forma natural los procesos de autodepuración que tienen lugar en los cursos de agua. La tecnología del lagunaje consta de varias lagunas conectadas en serie, donde se producen procesos físicos, químicos y biológicos, depurándose gradualmente las aguas residuales. En función del tipo y configuración de las balsas, esta tecnología puede utilizarse como un tratamiento primario, secundario o terciario.

La superficie necesaria para implantar un sistema de lagunaje oscila aproximadamente entre 7 y 13 m²/h-e para poblaciones entre 50 y 1.000 h-e. Es óptima hasta los 2000 h-e.

Ventajas:

- Vida útil de 15 a 20 años.
- Alta eficacia.
- Menos producción de lodos.
- Mayor reducción de gérmenes patógenos que en una estación clásica.
- Buena integración en el medio ambiente.
- Posibilidad de volver a usar las aguas tratadas.

Desventajas:

- Grandes superficies de terreno para los tanques.
- Depuración lenta.
- Sensibilidad a la temperatura, eficacia baja en invierno.
- Riesgo de malos olores y presencia de insectos.



Figura. M. 5. Planta depuradora con sistema de Lagunaje.

7.2 Filtros de turba

El sistema está formado por lechos de turba a través de los cuales circula el agua residual. Los lechos se disponen en varias unidades, estando unas en funcionamiento y otras en conservación, para su mantenimiento y aireación.

Cada lecho descansa sobre una delgada capa de arena, soportada, a su vez, por una capa de grava. El efluente se recoge a través de un dispositivo de drenaje situado en la base del sistema.

Ventajas:

- Sin consumo de energía.
- Fácil adaptación en el entorno.
- Adaptable a variaciones de carga y caudal.
- Menor superficie que las lagunas de estabilización.
- Ausencia de olores.

Desventajas:

- Bajo rendimiento.
- Mayor superficie que en los sistemas convencionales.
- Alto coste de mantenimiento.

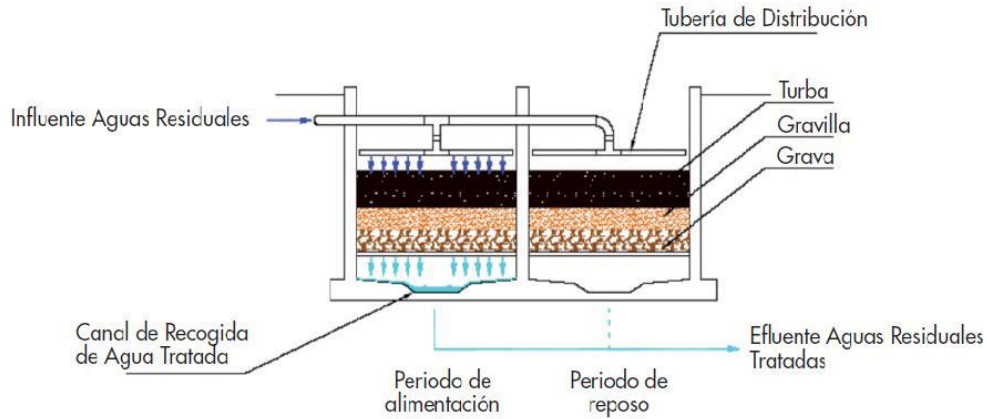


Figura. M. 6. Esquema de un filtro de turba.

7.3 Filtros intermitentes de arena

Los filtros intermitentes de arena son lechos poco profundos, en donde el agua, una vez pretratada, se hace circular verticalmente y de forma intermitente a través del lecho filtrante sobre el que se desarrolla una película bacteriana.

En estos sistemas predominan los mecanismos de filtración, oxidación biológica y adsorción, proceso por el cual se produce la fijación en la superficie de las partículas. En comparación con un humedal artificial de flujo subsuperficial vertical, estos filtros presentan una granulometría más fina del lecho filtrante. Por este motivo, y para evitar problemas de atascamiento y colmatación del lecho filtrante es indispensable contar previamente con una etapa de pretratamiento del agua residual. Este sistema de depuración puede utilizarse tanto como tratamiento secundario como terciario.

La superficie necesaria oscila entre los 4 y 9 m²/h-e para poblaciones entre 50 y 1.000 h-e. No es adecuado para poblaciones mayores a 1000 h-e, porque requiere de mayor superficie.

Ventajas:

- Buena integración paisajística.
- Mínima producción de olores.

Desventajas:

- Las bajas temperaturas disminuyen el rendimiento.

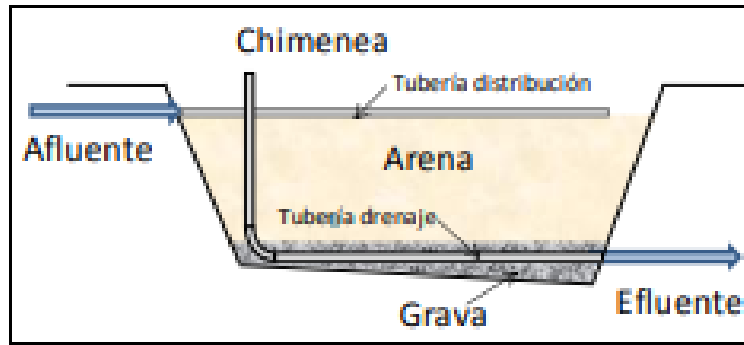


Figura. M. 7. Esquema de un filtro intermitente de arena.

7.4 Lecho bacteriano o filtro percolador

Los lechos bacterianos, o también llamados filtros percoladores, consisten en hacer caer el agua bruta a través de un material de gran superficie específica, que sirve de soporte de los microorganismos depuradores que forman una película más o menos gruesa. Dependiendo del material empleado como relleno pueden distinguirse dos tipos:

1. Lechos de relleno tradicional: Se utiliza piedra de río, puzolana, coque metalúrgico, piedras silíceas trituradas, etc.
2. Lechos de relleno plástico: Cuando la superficie específica es muy alta se llaman lechos de alto rendimiento.

Cualquiera que sea el tipo de relleno, todos los lechos funcionan según el mismo principio. La aireación se efectúa por tiro natural, a veces por ventilación forzada. Esta aireación tiene por objeto aportar oxígeno para mantener la microflora en medio aerobio.

Ventajas:

- Buena ventilación natural.
- Recirculación necesaria para obtener un funcionamiento óptimo.
- Menos consumo de energía.
- Bajo nivel de ruidos por la escasa potencia instalada.

Desventajas:

- Coste de instalación elevado.
- Generación de lodos en el proceso, que deben ser estabilizados antes del vertido.



Figura. M. 8. Esquema de un lecho bacteriano.

7.5 Criterios de elección y valoración de las alternativas

Dentro de los sistemas de depuración descritos anteriormente hay varias alternativas, pero no todas son igualmente eficaces en todos los municipios.

Los sistemas más comunes son:

- Lagunaje (LA).
- Filtros de turba (FT).
- Filtros intermitentes de arena (FIA).
- Lechos bacterianos (LB).

Además de cuestiones como los requerimientos ambientales del cauce receptor o la naturaleza del agua residual de la población, hay que tener en cuenta otras características como la climatología, la superficie disponible, etc.

Para una correcta valoración y análisis de estas circunstancias se ha tenido en cuenta 3 criterios: **económico, técnico y ambiental.**

7.5.1 Criterio económico

En la Tabla M.5 se expone los factores de decisión tomados en este punto cuando se trata de una planta dimensionada para una población entre 200 y 500 habitantes. Hay casos donde no se han encontrado dichos datos para ciertas alternativas.

Por lo tanto los costes para el mantenimiento son:

- Costes de implantación (€/h-e). (CI).
- Costes de explotación (€/año). (CE).

Tabla. M. 5. . Elección del criterio económico.

Parámetros	LA	FT	FIA	LB
CI (€/h-e)	200	-	200-400	180-350
CE (€/año)	8-34	-	15-45	16-25

7.5.2 Criterio técnico

El factor de decisión tomado para el criterio técnico es el siguiente:

- Superficie necesaria (m²/h-e). (S)

La superficie necesaria es un parámetro importante debido a los condicionantes topográficos del municipio de Villamalur. En la Tabla. M.6, se muestra el espacio necesario para cada alternativa:

Tabla. M. 6. Elección del criterio técnico.

Parámetros	LA	FT	FIA	LB
S (m ² /h-e)	7 y 13	0,6-1	14-45	0,3-0,75

7.5.3 Criterio ambiental

Para evaluar los impactos que generan estos tratamientos se tendrán en cuenta distintos subtipos de indicadores, estos se reflejan en la Tabla. M.7 y son los siguientes:

- Molestia de olores. (O)
- Integración paisajística. (P)

Tabla. M. 7. Elección del criterio ambiental.

Parámetros	LA	FT	FIA	LB
O	A	B	M	M
P	A	M	M	B

A: Alto - M: Medio - B: Bajo.

7.5.4 Rendimientos

Por último en la Tabla. M.8, se valora el rendimiento de cada uno de los sistemas de depuración:

Tabla. M. 8. Rendimiento de los sistemas de depuración.

Parámetros	LA	FT	FIA	LB
DQO	70-85%	68-75%	68-90%	80-90%
DBO ₅	70-95%	60-85%	60-85%	80-90%
SS	75-95%	85-90%	85-90%	85-90%
NKT	30-80%	20-70%	20-70%	15-25%
P	8-30%	20-25%	20-25%	15-25%

7.5.5 Conclusiones

Del criterio de selección se desprende que la mejor alternativa son los lechos bacterianos, al presentar importantes ventajas frente a los otros sistemas como se deduce de las tablas anteriores, entre las que destacan las siguientes:

- Menores costes de explotación frente a los filtros intermitentes de arena.
- Menor volumen de reactor y decantación secundaria.
- Alto rendimiento de depuración.
- Mala integración paisajística pero mucho menor que las lagunas aireadas.

Finalmente, se estima que la alternativa de lechos bacterianos es la óptima para el municipio de Villamalur debido a que presenta una población de 492 habitantes equivalentes. Igualmente, debido a unos trabajos de explotación y mantenimiento similares, presenta unos mayores rendimientos de eliminación de cargas contaminantes. Este hecho se traduce en una mejor calidad del efluente.

8. RESULTADOS FINALES

Para cumplir con los requisitos impuestos y obtener una buena calidad en el agua, se realizará el tratamiento que se describe a continuación.

El agua residual, después del tratamiento primario, realizado por un pretratamiento y un decantador primario, es transportada hasta el lecho bacteriano, donde se reparte en la superficie mediante unas boquillas pulverizadoras fijas.

El lecho bacteriano está constituido por un recinto circular de 6,9 m de diámetro y 3 m de altura, relleno de material pétreo que permite la circulación de aire ya que la ventilación será natural.

A la salida del lecho, el agua se dirige hacia el decantador secundario por gravedad.

Se ha diseñado el sistema de manera que el agua tratada proveniente del decantador secundario recircule mediante una bomba hacia el lecho bacteriano.

La planta será alimentada con un caudal de 82 m³/día y una caudal de recirculación de 164 m³/día.

Por lo tanto, se llevará a cabo la construcción del reactor biológico, de tipo lecho bacteriano, y será de hormigón armado con un espesor de 15 cm y un volumen de 32,5 m³.

Por último, para que la decantación secundaria cumpla con las exigencias del fin del tratamiento secundario se ha diseñado un decantador cuyos parámetros son:

- Velocidad ascensional: 1 m/h
- Tiempo de retención: 2,9 h
- Carga sobre vertedero: 0,9 m³/m·h

En base a los parámetros indicados, se proyecta un decantador de planta circular de obra civil de hormigón armado con un caudal de 246 m³/día, 3,6 m de diámetro, con una profundidad de 3 m y una superficie de 10,2 m².

9. PLANIFICACIÓN

Para realizar la planificación del proyecto deben tenerse en cuenta sus diferentes fases, la duración de cada una y la relación entre éstas. En la Tabla M.9 se muestran las diferentes fases del proyecto y su duración.

Tabla. M. 9. Planificación del proyecto.

Tarea	Duración (días)
Movimiento de tierras.	40
Obra civil de los depósitos.	120
Obra civil e instalación de tuberías	120
Instalación eléctrica y fontanería.	91
Automatización.	31
Puesta en marcha.	31
Seguridad y salud.	31

Se ha estimado una duración de 8 meses teniendo en cuenta posibles retrasos (recepción de equipos y material, condiciones meteorológicas... etc.) y una jornada laboral de 8 horas diarias, de lunes a viernes.

A continuación se construye el Diagrama de Gantt para visualizar de forma más rápida la planificación del proyecto, que puede observarse en la siguiente Figura M.9.

Diseño de un lecho bacteriano para una EDAR

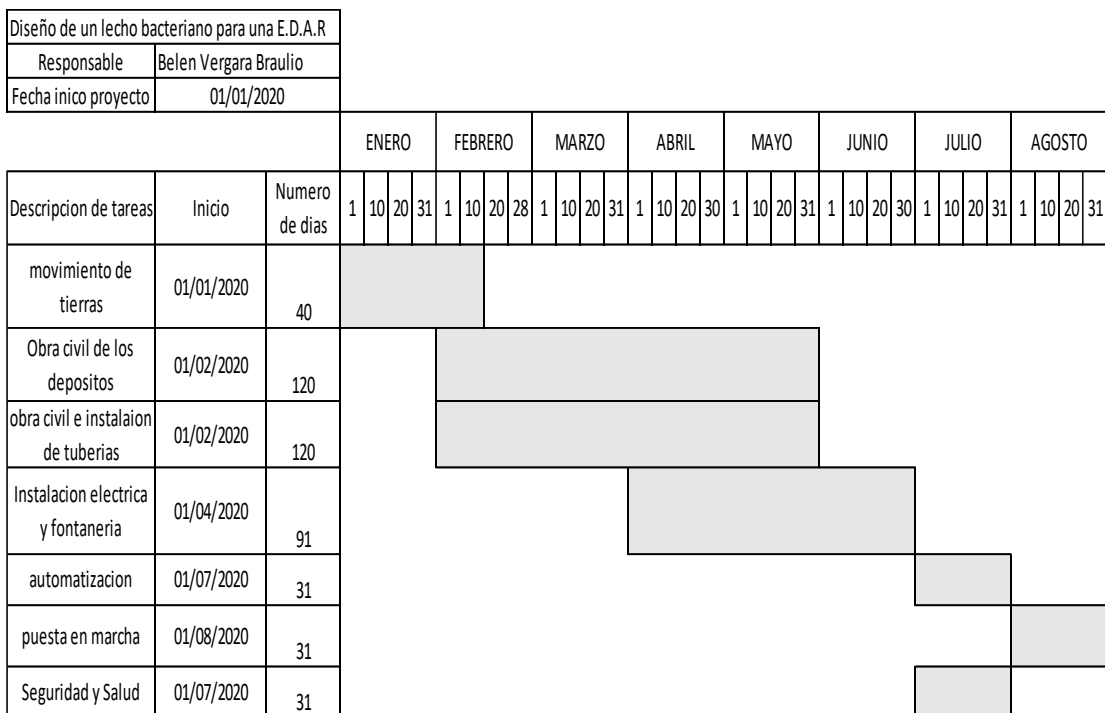


Figura. M. 9. Diagrama de Gantt.

10. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS

Tal y como se establece en la norma UNE 157001-2014, “Criterios generales para la elaboración de los documentos que constituyen un proyecto técnico”, el orden de prioridad entre los documentos básicos es:

1. Índice General.
2. Memoria.
3. Anexos.
4. Planos.
5. Pliego de condiciones.
6. Mediciones.
7. Presupuesto.

11. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

El estudio de viabilidad económica es un análisis fundamental que permite saber si el proyecto es rentable y decidir su aceptación o rechazo a partir de los cálculos de las tasas de rentabilidad.

11.1 Resumen del presupuesto

En la Tabla M.10 se resume las principales partidas del presupuesto que forman parte del Presupuesto de Ejecución del Material (PEM).

Tabla. M. 10. PEM

Partida	Precio total (€)
Equipos principales	34.406,30
Conducciones y accesorios	149,10
Obra civil	13.517,58
Seguridad y salud	337,94
PEM	48.410,92

En La Tabla M.11 se muestra el Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC), siendo éste el valor de la suma del PEM, los Gastos Generales (GG) y el Beneficio Industrial (BI) incluyendo el IVA al 21 %.

Tabla. M. 11. PEC

PEM	48.410,92
Gastos Generales 13%	6.293,42
Beneficio Industrial 6%	2.904,66
IVA 21%	10.166,29
PEC	67.775,29

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a la cantidad de **SESENTA Y SIETE MIL SETECIENTOS SETENTA Y CINCO EUROS CON VEINTINUEVE CENTIMOS (67.775,29 €)**.

11.2 Presupuesto de explotación

El presupuesto de explotación, también llamado gastos totales, detalla los gastos previstos en un año.

11.2.1 Gastos directos

Los costes directos son aquellos costes que pueden asociarse directamente a la producción, siendo proporcionales con la cantidad de producto final. Los costes de directos asociados a la Estación Depuradora de Aguas Residuales serán los costes relacionados con los consumos eléctricos de los equipos.

En la Tabla M.12 se representa el coste de electricidad que depende del consumo eléctrico de los equipos.

Tabla. M. 12. Consumo eléctrico de los equipos.

Equipo	Unidades	Potencia unitaria (kW)	Potencia total (kW)	Consumo eléctrico (KWh anuales)
Bomba de recirculación	1	0,076	0,076	665,76
Puente móvil del decantador	1	1,10	1,10	9.636
Consumo eléctrico total				10.301,76

Teniendo en cuenta que el coste de la energía eléctrica es de 0,086€/kWh, dato obtenido de Iberdrola, en la Tabla M.13 se muestra el coste total asociado al consumo eléctrico.

Tabla. M. 13. Costes asociados al consumo eléctrico.

Consumo eléctrico total (kWh anuales)	10.301,76
Precio (€/kWh)	0,086
Coste total (€/año)	885,95

11.2.2 Gastos indirectos

Los costes indirectos son aquellos costes que no están relacionados proporcionalmente con el producto pero son necesarios para la producción.

Los costes de indirectos asociados a la Estación Depuradora de Aguas Residuales serán los costes relacionados con el personal, las amortizaciones,

En la Tabla M.14 se muestra los costes del personal, la EDAR contará con un total de cinco empleados, siendo cuatro operarios y un jefe de planta.

El jefe de planta será el encargado de dar las instrucciones necesarias a los operarios según la situación de la EDAR.

Además, será responsable de justificar cualquier posible problema existente y trabajará de lunes a viernes con una jornada de 8 horas diarias.

Los operarios se encargarán del correcto funcionamiento de los equipos, del mantenimiento y reparación de los mismos, de mantener las instalaciones limpias y de cualquier medición que deba realizarse. Trabajarán 8 horas diarias durante los 7 días de la semana e irán rotando semanalmente los turnos (mañana, tarde y noche), de manera que cada operario trabajará tres semanas y descansara una.

Tabla. M. 14. Coste del personal.

Personal	Unidades	Salario y Seguridad Social (€/año)	Coste (€/año)
Jefe de planta	1	25.000	25.000
Operarios	1	15.000	15.000
Coste total del personal			40.000

En la Tabla M.15 se muestra los años de amortización, así como el coste anual para la obra civil de la planta de tratamiento, los depósitos y los equipos que componen el tratamiento secundario de la EDAR.

Tabla. M. 15. Amortización.

Elemento	Cantidad	Precio por unidad (€)	Precio total (€)	Período de amortización medio (años)	Amortización por años (€)
Bomba de recirculación	1	1.736,30	1.736,30	10	173,63
Reactor biológico de hormigón armado	32,50	176,10	5.723,25	25	228,93
Decantador de hormigón armado	30,60	176,10	5.388,66	25	215,55
Pasarela para el reactor biológico	5	400,00	2.000,00	25	80,00
Reactor biológico con escalera de acceso	1	420,00	420,00	25	16,80
Decantador con escalera de acceso y plataforma	1	30.250,00	30.250,00	25	1.210,00
TOTAL					1.924,91

En la Tabla M.16 se presenta una estimación de otros costes indirectos necesarios para que la Estación Depuradora pueda funcionar correctamente.

Tabla. M. 16. Otros costes indirectos.

Servicios	Coste (€/año)
Limpieza del terreno	5.000
Telecomunicaciones	1.000
Material de oficina	2.000
Coste total de diferentes costes indirectos	8.000

Por tanto, los costes indirectos totales son los mostrados en la Tabla M. 17.

Tabla. M. 17. Gastos indirectos.

Coste total de personal (€/año)	40.000
Coste de amortizaciones (€/año)	1.924,91
Coste total de diferentes costes indirectos (€/año)	8.000
Gastos indirectos totales (€/año)	49.924,91

11.2.3 Gastos totales

El presupuesto de explotación anual es la suma de gastos directos e indirectos. Los costes totales de la EDAR ascienden a la cantidad de **CINCUENTA Y UN MIL OCHOCIENTOS DIEZ EUROS CON OCHENTA Y SEIS CENTIMOS.**

En la Tabla M.18 se recoge el valor de los gastos que forman parte de los gastos totales.

Tabla. M. 18. Gastos totales.

Gastos directos totales (€/año)	885,95
Gastos indirectos totales (€/año)	49924,91
Gastos totales (€/año)	50.810,86

11.3 Beneficios

El beneficio bruto es el valor que se obtiene al restarle a los ingresos, los gastos totales necesarios para llevar a cabo el proceso productivo.

$$\text{Beneficios brutos} = \text{Ingresos} - \text{Gastos totales}$$

En este caso, los ingresos se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Ingresos} = \text{Cuota fija} \left(\frac{\text{€}}{\text{día}} \right) + \text{cuota variable} \left(\frac{\text{€}}{\text{m}^3} \right)$$

Sabiendo las cuotas de una depuradora similar a la nuestra, y que son función de la unidad a depurar, se calculan los ingresos a partir de las cuotas correspondientes para una depuradora con lechos bacterianos, estos datos han sido obtenidos de la página web de EPSAR.

$$\text{Ingresos} = 132 \frac{\text{€}}{\text{día}} + 0,048 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \cdot 82 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 3,94 \frac{\text{€}}{\text{día}}$$

Por tanto, los ingresos al año son:

$$\text{Ingresos} = 3,94 \frac{\text{€}}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 49.616,64 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Sabiendo los ingresos totales se calculan el beneficio bruto donde se debe tener en cuenta un IPC (Índice de Precios de Consumo) anual de 2%. En la Tabla M.19 se reflejan los beneficios de la planta a cinco años vista.

Tabla. M. 19. Beneficios brutos.

Beneficios brutos (Año 0) (€/año)	-1.194,22
Beneficios brutos (Año 1) (€/año)	-1.218,10
Beneficios brutos (Año 2) (€/año)	-1.242,47
Beneficios brutos (Año 3) (€/año)	-1.267,31
Beneficios brutos (Año 4) (€/año)	-1292,66

En este caso, como se puede observar, siendo todos los beneficios negativos esta situación no es económicamente rentable como era de esperar.

Aun así, como se ha comentado en todo el proyecto, la idea final es evitar verter el agua que hoy en día produce el pueblo de Villamalur al medio ambiente, por lo que la mejora de esta Estación Depuradora de Aguas Residuales sí que tiene un beneficio, pero es puramente ambiental.

Los impactos positivos a tener en cuenta son los siguientes:

- El impacto que produce sobre el clima es prácticamente nulo, ya que los posibles olores generados por la EDAR no afectarían dada la lejanía de las instalaciones al núcleo poblacional.
- El impacto sobre el suelo será nulo, ya que la única ocupación permanente será el de la explanada donde se situará la EDAR, y esta a su vez será reacondicionada.
- Al no haber ningún recurso relevante en la zona, si se realiza una buena gestión de la EDAR, está será considerada de impacto positivo en cuanto a la mejora de la calidad de las aguas subterráneas.
- El impacto sobre la vegetación y el hábitat natural se producirá en el periodo de construcción, pero al no ser una obra de gran extensión, la superficie afectada no será altamente significativa.
- La mejora de la calidad del agua y por tanto del entorno, también ayudará a la recuperación de la fauna, sobre todo la acuática, por lo que se puede considerar positivo.

- La mejora de la calidad de vida como consecuencia de la depuración de las aguas tendrá incidencia positiva en la actividad económica del lugar. Tendrá como ventaja una mejor distribución del recurso hídrico y en consecuencia, un aumento de la producción agrícola.

En conclusión, se considera que estos efectos ambientales suponen una mejora de las características actuales y por tanto son beneficiosas para el municipio de Villamalur.

2. Anexos

ÍNDICE

ANEXO N°1 DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

ANEXO N°2 CÁLCULOS

ANEXO N°3 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Anexo n°1
Documentación de
partida

ÍNDICE

ÍNDICE	2
1. DEMOGRAFÍA.....	5
1.1 Descripción del municipio.....	5
1.1.1 Fisiología y geología.....	5
1.1.2 Clima	5
1.2 Población permanente	6
1.2.1 Evaluación demográfica del municipio y población actual	6
1.2.2 Metodología de prognosis.....	7
1.2.3 Población permanente en el año horizonte.....	8
1.3 Población estacional	8
1.3.1 Población estacional actual	8
1.3.2 Población estacional en el año horizonte	8
1.4 Conclusiones	9
2. CAUDALES Y CARGAS CONTAMINANTES.....	10
2.1 Caudales de diseño	10
2.1.1 Definiciones previas	10
2.1.2 Cálculo de caudales	11
2.2 Cargas contaminantes.....	12
2.3 Punto de vertido	13
3. Cargas contaminantes del efluente.....	14

FIGURAS

Figura A1. 1 Evolución del censo de los últimos años en Villamalur (Fuente: INE, elaboración propia)..... 7

TABLAS

Tabla A1. 1. Datos históricos del clima en Villamalur.	6
Tabla A1. 2. Población de Villamalur en el año 2017 y 2042 (Fuente: Elaboración propia) ...	9
Tabla A1. 3. Caudales de diseño de la EDAR de Villamalur.	11
Tabla A1. 4. Características del agua residual (Fuente: Elaboración propia)	12
Tabla A1. 5. Población equivalente del municipio de Villamalur. (Fuente: Elaboración propia)	12
Tabla A1. 6. Resultados a obtener en el efluente.	14

1. DEMOGRAFÍA

En el diseño de infraestructuras de saneamiento es fundamental realizar una correcta estimación de las tasas de población previstas para el territorio. En el caso de proyectos de depuradoras de aguas residuales el año horizonte se considera 25 años.

Debido a esto, la población juega un papel muy importante, ya que tiene especial incidencia en la determinación de los caudales de diseño. Sin embargo, no vale con determinar la población actual de un núcleo, sino que hay que determinar el crecimiento de la misma durante 25 años. En este estudio, el año horizonte es el 2042.

1.1 Descripción del municipio

1.1.1 Fisiología y geología

Villamalur es un municipio español de la provincia de Castellón, Comunidad Valenciana, situado en la comarca del Alto Mijares. Su altitud es de 644 metros sobre el nivel del mar y su término municipal cuenta con una extensión de 19,5 km² de superficie, en los que se encuentra con grandes extensiones de bosque en donde las especies predominantes son los pinos, alcornos y encinas. Así, 1650 hectáreas del término municipal están ocupadas por extensiones boscosas y 260 por superficies de cultivos.

En cuanto a su relieve se refiere, destaca entre sus montes el Alto del Pinar, con una altura de 1047 metros.

1.1.2 Clima

El clima de la zona objeto es de tipo mediterráneo, siendo los inviernos más lluviosos que los meses de verano. La temperatura del municipio es suave durante todo el año con un promedio de 14°C. El mes más cálido del año es agosto con un promedio de 22°C y enero es el más frío con un promedio de 6°C.

A continuación, se muestra la Tabla 1 climática del tiempo en Villamalur.

Tabla A1. 1. Datos históricos del clima en Villamalur.

Mes	T_{máx} (°C)	T_{media} (°C)	T_{mín} (°C)	Precipitación
Enero	10	6	2	28
Febrero	11	7	3	34
Marzo	14	9	3	38
Abril	16	11	7	41
Mayo	20	15	10	54
Junio	23	19	14	42
Julio	27	22	17	20
Agosto	27	23	18	26
Septiembre	24	19	15	57
Octubre	19	14	10	65
Noviembre	14	10	6	49
Diciembre	12	7	3	38

1.2 Población permanente

1.2.1 Evaluación demográfica del municipio y población actual

Para el análisis de la población se utilizan los datos facilitados por el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Mediante los datos obtenidos por el INE se puede estudiar la evolución histórica de la población de Villamalur. La Figura 1 presenta los datos del censo en el período comprendido entre los últimos 21 años.

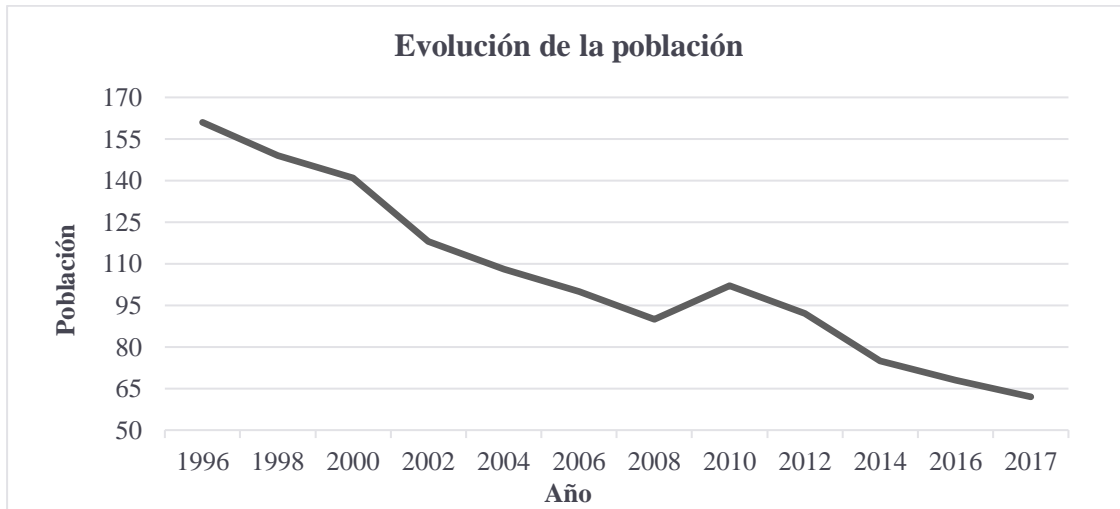


Figura A1. 1 Evolución del censo de los últimos años en Villamalur (Fuente: INE, elaboración propia)

La Figura A1.1 muestra que la población de Villamalur durante los últimos años ha experimentado ligeros aumentos y descensos en el número de habitantes empadronados. La población del municipio actualmente es de 62 habitantes permanentes.

1.2.2 Metodología de prognosis

Este método toma como base las poblaciones del último censo realizado y de los censos de 10 y 20 años antes. Con la ecuación 1, se calculan las tasas de crecimiento anual acumulativo correspondiente a los intervalos entre cada uno de estos censos y el último realizado.

$$P_t = P_o \cdot (1 + r)^{(t-t_o)} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

r : Tasa de crecimiento acumulativo anual expresado en tanto por uno entre los años t y t_o .

P_t : Población en año t .

P_o : Población en el año base o actual.

Para la determinación de la tasa de crecimiento se ha utilizado los datos del censo de los últimos 10 años.

A partir de estos datos y la ecuación (1) explicada anteriormente, se puede estimar la tasa de crecimiento anual del municipio.

$$P_{2017} = P_{2007} \cdot (1 + r)^{(2017-2007)} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Sabiendo que:

$P_{2017} = 62$ habitantes

$P_{2007} = 98$ habitantes

$$62 = 98 \cdot (1 + r)^{2017-2007} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Despejando en la ecuación (3), se obtiene el valor de la tasa de crecimiento anual del municipio, cuyo valor es de -0,018. Utilizando el dato de la población y la tasa de crecimiento mediante la ecuación explicada anteriormente obtenemos la población futura.

1.2.3 Población permanente en el año horizonte

Aplicando una tasa de crecimiento del -0,018 la población futura es:

$$P_{2042} = 62 \cdot (1 - 0,018)^{25} = 39 \text{ habitantes} \quad \text{Ecuación (4)}$$

1.3 Población estacional

1.3.1 Población estacional actual

El resultado anterior corresponde con la población empadronada en el municipio de Villamalur. Ahora bien, a la población máxima en el año horizonte hay que sumarle la población estacional. Por lo tanto, y según datos obtenidos del ayuntamiento de Villamalur, la población estacional se corresponde actualmente con unos 350 habitantes aproximadamente.

1.3.2 Población estacional en el año horizonte

Suponiendo un crecimiento de la población estacional igual al de la población permanente, se obtiene la población estacional en el año horizonte de la siguiente manera:

$$P_{2042} = 350 \cdot (1 - 0,018)^{25} = 222 \text{ habitantes} \quad \text{Ecuación (5)}$$

1.4 Conclusiones

En la Tabla.A1.2 se muestran los habitantes correspondientes a la población urbana y estacional de Villamalur tanto para el año actual como para el año horizonte (25 años) para el cual se proyecta la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR).

Tabla A1. 2. Población de Villamalur en el año 2017 y 2042 (Fuente: Elaboración propia)

VALORES DEMOGRÁFICOS DE VILLAMALUR			
Año de estudio	Población Permanente	Población Estacional	Población Total
2017	62	350	412
2042	39	222	261

Puesto que el año de construcción se considera el de mayor población y por consiguiente mayor caudal de llegada a la EDAR, se dimensiona la depuradora para una población de diseño **412 habitantes**.

Una vez determinada la población de diseño se puede determinar la población equivalente, entendiendo un habitante equivalente como aquel que genera una carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO₅) igual a 60 gramos de oxígeno por día. Considerando que el volumen de agua generado (dotación) por un habitante equivalente es 200 l/día, se puede determinar la carga contaminante en 360 mg/l.

2. CAUDALES Y CARGAS CONTAMINANTES

La importancia de los datos de partida en el desarrollo del proyecto es básica, ya que estos suponen las bases del diseño y dimensionamiento, así como el compromiso de los resultados a obtener.

Para el diseño y dimensionamiento de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) objeto de estudio, los datos de partida que deben ser especificados son: los caudales a tratar y su carga contaminante.

2.1 Caudales de diseño

2.1.1 Definiciones previas

Caudal diario. Volumen de agua a tratar en un día. Se considera que el consumo es el correspondiente a una dotación de 200 litros por habitante y día.

$$Q_{diario} = \frac{Población * Dotación}{1000} \left(\frac{m^3}{día} \right) \quad \text{Ecuación (6)}$$

Caudal medio. Se toma en 24 horas y se calcula como:

$$Q_{medio} = \frac{Q_{diario}}{24} \left(\frac{m^3}{h} \right) \quad \text{Ecuación (7)}$$

Caudal punta. Es el resultado de multiplicar el caudal diario por el coeficiente punta. Para el caudal de aguas urbanas el valor que se utiliza es el coeficiente C_p , que viene dado por la ecuación 8:

$$C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_{diario}}} \quad \text{Ecuación (8)}$$

$$Q_{punta} = C_p \cdot Q_{diario} \left(\frac{m^3}{día} \right) \quad \text{Ecuación (9)}$$

2.1.2 Cálculo de caudales

Para los cálculos del caudal de diseño de la EDAR, se utiliza la población de diseño estimada en apartados anteriores. Considerando una dotación de consumo de 200 l/hab/día (Fuente: Excma. Diputación de Castellón).

Los caudales obtenidos que servirán de base para el diseño de la estación depuradora, son los que a continuación se indican en la Tabla A1.3:

Tabla A1. 3. Caudales de diseño de la EDAR de Villamalur.

	Temporada baja	Temporada Alta
Población (hab)	62	412
Dotación (l/hab/día)	200	200
Caudal diario (m³/día)	12	82
Caudal medio (m³/h)	0,5	3,4
Coefficiente de punta	2,22	1,77
Caudal punta (m³/día)	27	145
Caudal punta (m³/h)	1,1	6

Nota: Para el diseño y dimensionamiento de la planta se usarán los caudales en temporada alta.

2.2 Cargas contaminantes

En este estudio, se pone en manifiesto la necesidad de depuración de todos los vertidos de aguas residuales.

Los valores habituales de estos parámetros en las aguas residuales urbanas de origen principalmente doméstico, para pequeñas poblaciones, han sido facilitados por los técnicos de la Diputación de Castellón y se resumen en la Tabla A1.4.

Tabla A1. 4. Características del agua residual (Fuente: Elaboración propia)

Parámetro	Concentración (mg/l)
DBO₅	360
DQO	720
SS	350
NKT	70
P	12

Con ello, los habitantes equivalentes serán los descritos en la Tabla A1.5:

Tabla A1. 5. Población equivalente del municipio de Villamalur. (Fuente: Elaboración propia)

	Temporada baja	Temporada Alta
Población de diseño (hab)	62	412
DBO₅ (mg/l)	360	360
Población equivalente (Pe)	72	492

2.3 Punto de vertido

El efluente de la EDAR, una vez depurado se vierte de nuevo en el colector general aprovechando por tanto el punto de vertido actual.

3. Cargas contaminantes del efluente

Los parámetros característicos de la actividad, sus valores límite de emisión y métodos de medición de referencia para vertidos procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas provienen de la directiva 91/271/CEE transpuesta por el RDL 11/1995, el R.D 509/1996 y el R.D 2116/1998.

Para cada uno de los tipos de tratamiento, la legislación exige determinados límites de emisión en concentración o en porcentaje de reducción. La Tabla A1.6 resume el contenido de la citada legislación.

Tabla A1. 6. Resultados a obtener en el efluente.

Contaminante	Concentración (mg/l)
DBO5 (mg/l)	25
DQO (mg/l)	125
SS (mg/l)	35
NKT (mg/l)	15
PT (mg/l)	2

Anexo nº2 Cálculos

INDICE

1. DIMENSIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE DEPURACIÓN	5
1.1 Datos de diseño	5
1.1.1 Afluente	5
1.1.2 Efluente	7
1.2 Lecho bacteriano	7
1.2.1 Carga hidráulica.....	8
1.2.2 Carga orgánica o carga volumétrica.....	8
1.2.3 Recirculación del efluente. Material de soporte: áridos pétreos.....	8
1.2.4 Dimensionamiento del lecho bacteriano	8
1.3 Decantador secundario	10
1.3.1 Carga sobre vertedero	13
1.3.2 Dimensionamiento de la zona de entrada.....	14
1.3.3 Longitud del vertedero de salida.....	14
1.3.4 Barrera de fangos.....	15
1.3.5 Cálculo de la producción de fangos	15
1.4 Calidad del agua a la salida del tratamiento biológico	16
1.5 Balances de materia	17
2. DISEÑO DE CONDUCCIONES	19
2.1 Cálculo de los Balances de Energía Mecánica.....	25
2.1.1 Tramo 2 desde la salida del reactor hasta el decantador secundario.....	25
2.1.2 Tramo 5. Recirculación del decantador al reactor biológico	27

FIGURAS

Figura. A2. 1. Diagrama de flujo del afluente..... 5

Figura. A2. 2. Diagrama de flujo del tratamiento biológico. 17

Figura. A2. 3. Gráfico de Moody. 23

Figura. A2. 4. Esquema del sistema considerado para el cálculo de $NSPH_{disp}$ 25

Figura. A2. 5. Puntos en los que se aplica el balance. 25

Figura. A2. 6. Puntos en los que se aplica el balance. 27

TABLAS

Tabla A2. 1. Cargas contaminantes a la entrada del tratamiento biológico.	6
Tabla A2. 2. Datos de diseño de los caudales.	6
Tabla A2. 3. Resultados a obtener en el efluente.	7
Tabla A2. 4. Concentraciones a la entrada del lecho.	7
Tabla A2. 5. Valores recomendados para lechos de media carga.	9
Tabla A2. 6. Parámetros de diseño de los decantadores secundarios.....	10
Tabla A2. 7. Cargas contaminantes a la salida del tratamiento biológico.....	16
Tabla A2. 8. Resultados obtenidos en las conducciones.	20
Tabla A2. 9. Accidentes en el Tramo 2.....	26
Tabla A2. 11. Accidentes en el tramo 5.	28

1. DIMENSIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE DEPURACIÓN

El objetivo del presente documento es el dimensionamiento óptimo del reactor biológico para Villamalur.

El método de depuración escogido para la planta es un sistema biológico con tecnología de lechos bacterianos.

Para el dimensionamiento de la estación se parte de los caudales y cargas contaminantes que caracterizan el afluente de llegada y los valores de carga contaminante que debe cumplir el efluente.

1.1 Datos de diseño

1.1.1 Afluente

La EDAR en cuestión consta de un pretratamiento seguido de un decantador primario y un tratamiento biológico, como se muestra en la Figura A2.1:



Figura. A2. 1. Diagrama de flujo del afluente.

Teniendo en cuenta que el diseño para el pretratamiento y para el decantador primario está fuera del alcance de este proyecto, en la Tabla A2.1 se presentan los datos de las cargas contaminantes desde la etapa (1) hasta la etapa (3), siendo esta última la que se considera relevante para el dimensionamiento de la EDAR.

Así mismo, se ha considerado que la reducción de la DBO₅ y los SS en el pretratamiento es del 12% y en la decantación primaria es del 25% para la DBO₅ y del 55% para los SS, todos ellos han sido proporcionados por la Excma. Diputación de Castellón.

Tabla A2. 1. Cargas contaminantes a la entrada del tratamiento biológico.

Parámetros	Pretratamiento (1)	Entrada al decantador primario (2)	Entrada al tratamiento biológico (3)
DBO ₅ (mg/l)	360	316,8	237,6
DQO (mg/l)	720	720	720
SS (mg/l)	350	308	138,6
NKT (mg/l)	70	70	70
P (mg/l)	12	12	12

La Tabla A2.2 presenta los datos de diseño de los caudales y han sido obtenidos y justificados en el Anexo 1.

Tabla A2. 2. Datos de diseño de los caudales.

Parámetros	Temporada baja	Temporada Alta
Población (hab)	62	412
Dotación (l/hab/día)	200	200
Caudal diario (m ³ /día)	12	82
Caudal medio (m ³ /h)	0,5	3,4
Coefficiente de punta	2,22	1,77
Caudal punta (m ³ /día)	27	145
Caudal punta (m ³ /h)	1,1	6

1.1.2 Efluente

La Tabla A2.3 recoge la concentración límite exigida al efluente a la salida de la EDAR para cumplir la directiva 91/271/CEE transpuesta por el RDL 11/1995, el R.D 509/1996 y el R.D 2116/1998, como bien se explica en el ANEXO 1

Tabla A2. 3. Resultados a obtener en el efluente.

Contaminante	Concentración
DBO ₅ (mg/l)	25
DQO (mg/l)	125
SS (mg/l)	35
NKT (mg/l)	15
PT (mg/l)	2

1.2 Lecho bacteriano

Como criterios de diseño para el cálculo del reactor biológico, se definen previamente los parámetros de aplicación escogidos para un lecho bacteriano.

Los datos a la entrada del lecho bacteriano son los mostrados en la siguiente Tabla 4:

Tabla A2. 4. Concentraciones a la entrada del lecho.

Parámetros	Entrada	
	Kg/día	mg/l
DBO ₅	19,5	237,6
SS	11,37	138,6

Por lo tanto:

- La carga de DBO_5 a la entrada del lecho = 19,5 kg/día.
- Concentración de DBO_5 a la entrada del lecho = 237,6 mg/l.
- La carga de SS a la entrada del lecho = 11,37 kg/día.
- Concentración de SS a la entrada del lecho = 138,6 mg/l.

1.2.1 Carga hidráulica

La carga hidráulica se expresa en m^3 de agua aplicada por m^2 de superficie del lecho.

Esta carga es la que condiciona la velocidad de paso a través del material y por tanto, el tiempo de retención, que es el factor del que depende, en condiciones normales, la eliminación de a DBO y el rendimiento del sistema.

1.2.2 Carga orgánica o carga volumétrica

Este parámetro indica los kg de DBO_5 aplicados diariamente por m^3 de material filtrante.

1.2.3 Recirculación del efluente. Material de soporte: áridos pétreos.

La recirculación de una parte del efluente persigue mejorar el rendimiento del proceso. Este proceso es caro porque supone bombear un volumen importante de efluente, ya que el porcentaje de recirculación, medido siempre en base al caudal influente del agua residual, suele variar de 0,5 a 3.

1.2.4 Dimensionamiento del lecho bacteriano

Los cálculos se efectúan para un lecho bacteriano relleno de un material pétreo, formado por un sistema de distribución fijo, ya que son los más usados en los lechos bacterianos pequeños para el reparto homogéneo del agua residual a depurar, de una etapa única, abierto y con forma circular. La ventilación será de forma natural.

En la Tabla A.2. 5 se muestran los valores que deben cumplirse para este tipo de lechos, basándonos en el libro ‘Tratamiento biológico de aguas residuales’ de Eduardo Rozano y José Luis Dapena.

Tabla A2. 5. Valores recomendados para lechos de media carga.

Relleno Pétreo		
Carga hidráulica (CH)	0,8 - 1	$\frac{m^3}{m^2 \cdot h}$
Carga orgánica (C.O)	0,4 - 1,5	$\frac{kg\ DBO_5}{día\ m^3}$
Altura de lechos (h)	2-3	m

Para la obtención del volumen del filtro biológico necesario, se considera que la capacidad de carga orgánica tratada por el material filtrante es de 0,6 kg DBO₅/m³ día, por lo tanto:

$$V = \frac{\text{Carga media } \left(\frac{kg\ DBO_5}{día}\right)}{\text{Carga orgánica } \left(\frac{kg\ DBO_5}{día \cdot m^3}\right)} = \frac{19,5}{0,6} = 32,5\ m^3 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Sabiendo que la altura máxima a alcanzar es de 3 metros determinamos la superficie necesaria para los filtros biológicos:

$$S = \frac{V}{h} = \frac{32,5}{3} = 10,8m^2 \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

S: Superficie del lecho bacteriano (m).

V: Volumen del filtro biológico (m³).

h: altura del lecho bacteriano (m).

Por lo tanto, el radio se calcula como:

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = \sqrt{\frac{10,8}{\pi}} = 3,5 \text{ m} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Los filtros biológicos de media carga operan con rangos de recirculación Q_r/Q entre 1:1 y 3:1. Tomamos para el cálculo un valor intermedio de 2:1, por lo tanto:

$$Q_r = r \cdot Q = 2 \cdot 82 = 164 \text{ m}^3/\text{día} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Con ello, el volumen de agua tratada por metro cuadrado de superficie de filtrante es:

$$CH = \frac{Q_{Total}}{S} = \frac{82 + 164}{10,8} = 22,7 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ día}} \approx 0,95 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Nos encontramos dentro de los valores recomendados para lechos de media carga y material pétreo.

Por lo que el dimensionamiento es válido.

1.3 Decantador secundario

Como criterios de diseño para el cálculo del decantador secundario, se definen previamente los parámetros de aplicación para lechos bacterianos, como bien se muestra en la Tabla A2.6:

Tabla A2. 6. Parámetros de diseño de los decantadores secundarios.

Parámetros	Lechos Bacterianos
Velocidad ascensional (m/h)	<1 (Q _m) <1,5(Q _p)
Tiempo de recirculación hidráulica (h)	>2,5 (Q _m)
Carga sobre vertedero(m ³ /h/metro lineal)	<8,5 (Q _m) <15 (Q _p)

La velocidad ascensional a caudal medio se calcula como:

$$V_{asc} = \frac{Q_m + r \cdot Q_m}{S_d} \quad \text{Ecuación (6)}$$

Así mismo, la velocidad ascensional a caudal punta, se calcula como:

$$V_{asc} = \frac{Q_p + r \cdot Q_m}{S_d} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

V_{asc} : Velocidad ascensional (m/h).

Q_p : Caudal puntal (m^3/h).

Q_m : Caudal medio (m^3/h).

S_d : Superficie del decantador (m^2).

r : Recirculación necesaria.

Sabiendo que las limitaciones por velocidad ascensional son los descritos en la Tabla A2.6 tanto para caudal medio como punta, se calcula la superficie.

A caudal medio, con una velocidad ascensional menor a 1 m/h la superficie es de:

$$S_d \geq \frac{3,4 + 2 \cdot 3,4}{1} = 10,2 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación (8)}$$

A caudal punta, con una velocidad ascensional menor a 1,5 m/h, la superficie es de:

$$S_d \geq \frac{6 + 2 \cdot 3,4}{1,5} = 8,5 \text{ m}^2 \quad \text{Ecuación (9)}$$

Por lo tanto, la superficie de diseño es:

$$S_d = 10,2 \text{ m}^2$$

Sabiendo su superficie podemos calcular el diámetro del decantador y obtendremos la superficie real:

$$D_d = \sqrt{\frac{4 \cdot S_d}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10,2}{\pi}} = 3,6 \text{ m} \quad \text{Ecuación (10)}$$

De la Tabla A2.6, escogemos los valores del tiempo de recirculación hidráulico, para hallar el volumen del decantador, y se calcula como:

$$V_d = (Q_m + r \cdot Q_m) \cdot THR \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

THR: tiempo de retención hidráulica (h).

V_d : Volumen del decantador (m^3).

Q_p : Caudal puntal (m^3/h).

Q_m : Caudal medio (m^3/h).

r: Recirculación necesaria.

A caudal medio, el tiempo de retención hidráulico debe ser mayor a 2,5 horas, por lo tanto el volumen es de:

$$V_d = (3,4 + 2 \cdot 3,4) \cdot 2,5 = 25,5 m^3 \quad \text{Ecuación (12)}$$

Una vez obtenidos los valores de la superficie y del volumen podemos obtener la altura del decantador, con la ecuación (38):

$$H_d \geq \frac{V_d}{S_d} \quad \text{Ecuación (13)}$$

Donde:

H_d : Altura del decantador (m).

V_d : Volumen del decantador (m^3).

R_d : Radio del decantador en (m).

Por lo tanto la altura del decantador según la ecuación (38) es:

$$H_d \geq \frac{17}{10,2} = 2,5m < 3m \text{ No valido} \quad \text{Ecuación (14)}$$

Como la altura del decantador es menor de 3 metros, tomamos 3 m como la altura del decantador, y recalculamos el volumen real:

$$V_d = H_d \cdot S_d \quad \text{Ecuación (15)}$$

Por lo tanto, el Volumen del decantador es:

$$V_d = 30,6 \text{ m}^3$$

1.3.1 Carga sobre vertedero

La carga sobre vertedero caudal medio se calcula como:

$$C_{vert} = \frac{Q_m + r \cdot Q_m}{\pi \cdot D_d} \quad \text{Ecuación (16)}$$

La carga sobre vertedero a caudal punta se calcula como:

$$C_{vert} = \frac{Q_p + r \cdot Q_m}{\pi \cdot D_d} \quad \text{Ecuación (17)}$$

Donde:

C_{vert} : Carga sobre vertedero ($\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}_v$).

A caudal medio:

$$C_{vert} = \frac{3,4 + 2 \cdot 3,4}{\pi \cdot 3,6} = 0,9 \frac{\text{m}^3}{\text{m}_v \cdot \text{h}} < 12 \quad \text{Ecuación (18)}$$

A caudal punta:

$$C_{vert} = \frac{6 + 2 \cdot 3,4}{\pi \cdot 3,6} = 1,13 \frac{\text{m}^3}{\text{m}_v \cdot \text{h}} < 20 \quad \text{Ecuación (19)}$$

1.3.2 Dimensionamiento de la zona de entrada

Tomando las siguientes relaciones según el ‘Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales’, de Aurelio Hernández Lehmann.

$$\frac{d_1}{D_d} = 0,1 \quad \text{Ecuación (20)}$$

$$d_1 = 0,1 \cdot 3,6 = 0,36 \text{ m} \quad \text{Ecuación (21)}$$

Donde:

d_1 : Diámetro del cilindro (m).

D_d : Diámetro del decantador (m).

$$\frac{h_1}{H_d} = 0,4 \quad \text{Ecuación (22)}$$

$$h_1 = 0,4 \cdot 3 = 1,2 \text{ m} \quad \text{Ecuación (23)}$$

Donde:

h_1 : altura del cilindro (m).

H_d : altura del decantador (m).

1.3.3 Longitud del vertedero de salida

La longitud necesaria de vertedero se calcula de la siguiente manera:

$$L_{vert} = 2 \cdot \pi \frac{D_d}{2} = 10,17 \text{ m} \quad \text{Ecuación (24)}$$

Donde:

L_{vert} : Longitud del vertedero de salida (m).

1.3.4 Barrera de fangos

Siendo:

v_{vert} : Velocidad lineal de las barreras de fondo en decantadores (m/min)

Puede tomarse como valor típico de la velocidad de barrederas de fangos:

$$v_{vert} = 0,6 \text{ m/min}$$

Las inclinaciones de los fondos para dichas rasquetas suelen ser en decantadores circulares del 2% al 8%, en este caso en particular se utilizará un valor del 3%.

1.3.5 Cálculo de la producción de fangos

La producción de fangos en el lecho bacteriano se determina a partir de los kg de DBO_5 eliminados:

$$19,5 \frac{\text{kg} DBO_5}{\text{día}} \cdot 0,895 = 17,45 \frac{\text{kg} DBO_5}{\text{día}} \quad \text{Ecuación (25)}$$

La producción específica de lodos se estimará de 0,75 kg SS por kg DBO_5 eliminada:

$$P_f = 17,45 \cdot 0,75 = 13,1 \frac{\text{kg} SS}{\text{día}} \quad \text{Ecuación (26)}$$

1.4 Calidad del agua a la salida del tratamiento biológico

Por consiguiente, sabiendo el rendimiento para cada carga contaminante en la Tabla A2.7 se muestran los valores de los mismos a la salida del tratamiento biológico.

Tabla A2. 7. Cargas contaminantes a la salida del tratamiento biológico.

Parámetros	Calidad del efluente (mg/l)	Rendimiento
DQO	144	80%
DBO ₅	23,8	90%
SS	27,72	80%
NKT	14	80%
P	2,4	80%

1.5 Balances de materia

Este apartado se centra en los balances necesarios para sacar los caudales de salida y caudal de fangos necesarios para la construcción de tuberías.

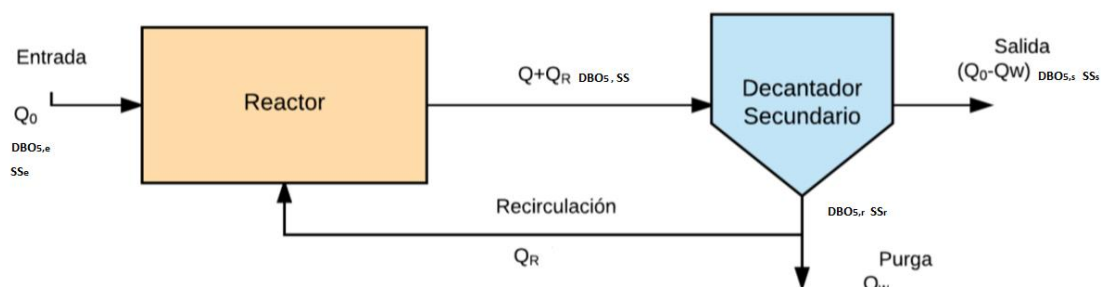


Figura. A2. 2. Diagrama de flujo del tratamiento biológico.

Cálculo del caudal de purga:

Sabiendo que la edad de fangos (θ_c);

$$\theta_c = \frac{V_r \cdot X}{Q_w X_r + Q_e X_e} \quad \text{Ecuación (27)}$$

Donde:

V_r : Volumen del reactor (m^3).

Q_w : Caudal de purga ($m^3/día$).

Q_e : Caudal de salida ($m^3/día$).

X_r : Concentración de la corriente de recirculación (mg/l).

X_e : Concentración de salida (mg/l).

X : concentración de entrada (mg/l).

Despejando de la ecuación 27 y sabiendo que el valor del tiempo de retención celular obtenido del libro ‘Manual de diseño de estaciones depuradoras de Aguas residuales’ de Aurelio Hernandez Lehmann es de $\theta_c = 9$ días podemos obtener el caudal de purga.

$$Q_w = \frac{V_r \cdot X}{\theta_c X_r} = \frac{32,5 \cdot 138,6}{9 \cdot 110,9} = 4,5 \text{ m}^3/\text{día} \quad \text{Ecuación (28)}$$

Por lo tanto el caudal de salida es:

$$Q_s = Q_d - Q_w = 82 - 4,5 = 77,5 \text{ m}^3/\text{día} \quad \text{Ecuación (29)}$$

2. DISEÑO DE CONDUCCIONES

Para el cálculo de los diámetros y velocidades de las conducciones, se ha dividido la instalación en los siguientes tramos:

- **Tramo 1:** Entrada al reactor.
- **Tramo 2:** Desde la salida del reactor hasta el decantador secundario.
- **Tramo 3:** Salida del decantador al efluente.
- **Tramo 4:** Recirculación del decantador al reactor biológico.
- **Tramo 5:** Purga

Para el cálculo de las dimensiones de las conducciones, solo se dimensionaran los tramos 2 y 4, ya que los otros tramos están fuera del alcance de este proyecto.

Así mismo, se debe tener en cuenta el material de las tuberías que en este caso serán de Polietileno (PE-100)

Para el dimensionamiento de las conducciones se seguirá el siguiente procedimiento:

1. Suponer una velocidad máxima de circulación del agua.
2. Calcular el diámetro interno de la conducción.
3. Elegir el diámetro nominal y el espesor según fabricantes o normas, a partir del diámetro interno calculado.
4. Una vez elegido el diámetro nominal y el espesor, se obtiene el diámetro interno real, y, a partir de éste, el valor de la velocidad real.

Las ecuaciones que se utilizarán son las siguientes:

$$S_c = \frac{Q}{v_{sup}} \quad \text{Ecuación (30)}$$

$$D_i = \sqrt{\frac{4 \cdot S_c}{\pi}} \quad \text{Ecuación (31)}$$

$$D_{i,real} = D_e - e \quad \text{Ecuación (32)}$$

$$S_{c,real} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{i,real}^2 \quad \text{Ecuación (33)}$$

$$v_{real} = \frac{Q}{S_{c,real}} \quad \text{Ecuación (34)}$$

Donde:

S_c : es la sección del tubo (m^2).

Q : es el caudal de agua a tratar (m^3/s).

v_{sup} : velocidad de circulación del agua (supuesta) a través de la conducción (m/s).

D_i : diámetro interno de la conducción (m).

D_e : diámetro externo de la conducción (m).

e : espesor de la conducción (m).

$D_{i,real}$: diámetro interno real de la conducción (m).

$S_{c,real}$: sección real de la conducción (m^2).

v_{real} : velocidad (calculada) a la que circula el agua (m/s).

Los resultados obtenidos han sido los representados en la Tabla A2.8:

Tabla A2. 8. Resultados obtenidos en las conducciones.

Tramos	Q (m^3/s)	v_{sup} (m/s)	S_c (m^2)	D_i (m)	$D_{i,real}$ (m)	$S_{c,real}$ (m^2)	v_{real} (m/s)
Tramo 2	0,0028	1,80	0,0016	0,0448	0,0440	0,0015	1,8643
Tramo 4	0,0019	1,80	0,0010	0,0366	0,0352	0,0010	1,9420

El Balance de Energía Mecánica (BEM) que se calcula según la ecuación 35 de la siguiente forma:

$$h_s = (z_2 - z_1) + \frac{1}{g} \left(\frac{v_2^2}{2 \cdot \alpha_2} - \frac{v_1^2}{2 \cdot \alpha_1} \right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Delta F \quad \text{Ecuación (35)}$$

Donde:

h_s es la carga total del sistema (m).

z_2 es la altura en el punto final de impulsión (m).

z_1 es la altura en el punto inicial de aspiración (m).

g es la gravedad (9,81 m/s²).

v_2 es la velocidad en el punto final de impulsión (m/s).

v_1 es la velocidad en el punto inicial de aspiración (m/s).

P_2 es la presión en el punto final de impulsión (Pa).

P_1 es la presión en el punto inicial de aspiración (Pa).

ρ es la densidad del agua (kg/m³).

$\alpha_1 = \alpha_2 = 1$ en régimen turbulento.

ΔF es la pérdida de carga total o pérdida de energía mecánica por unidad de masa (J/kg).

La pérdida de carga se calcula mediante la Ecuación 31:

$$\Delta F = \Delta F_r + \Delta F_a \quad \text{Ecuación (36)}$$

Donde:

ΔF_r es la pérdida de carga en los tramos rectos debido al rozamiento y turbulencias (J/kg).

ΔF_a es la pérdida de carga total por rozamiento y turbulencias en los accidentes del sistema (J/kg).

El cálculo de la pérdida de carga en los tramos rectos se realiza mediante la Ecuación 37:

$$\Delta F_r = 2f v^2 \frac{L}{D} \quad \text{Ecuación (37)}$$

Donde:

f es el factor de Fanning, que se obtiene a partir del gráfico de Moody en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa (ϵ/D) de la superficie del tubo.

v es la velocidad media a lo largo de la conducción (m/s).

L es la longitud del tramo recto (m).

D es el diámetro de la conducción (m).

También debe calcularse el número de Reynolds mediante la Ecuación 38:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad \text{Ecuación (38)}$$

Donde:

Re es el número de Reynolds (adimensional). En el caso de régimen turbulento $Re \geq 10000$.

ρ es la densidad del agua (kg/m^3).

v es la velocidad media de la conducción (m/s).

μ es la viscosidad dinámica del agua ($\text{N}\cdot\text{s/m}^2$).

Mediante la Ecuación 39 se calcula la pérdida de carga en los accidentes:

$$\Delta F_a = \Sigma K \frac{v^2}{2} \quad \text{Ecuación (39)}$$

Donde:

K es una constante característica de cada accidente.

v es la velocidad media de la conducción (m/s).

En la Figura A2.3 se observa el gráfico de Moody, necesario para llevar a cabo los cálculos anteriores.

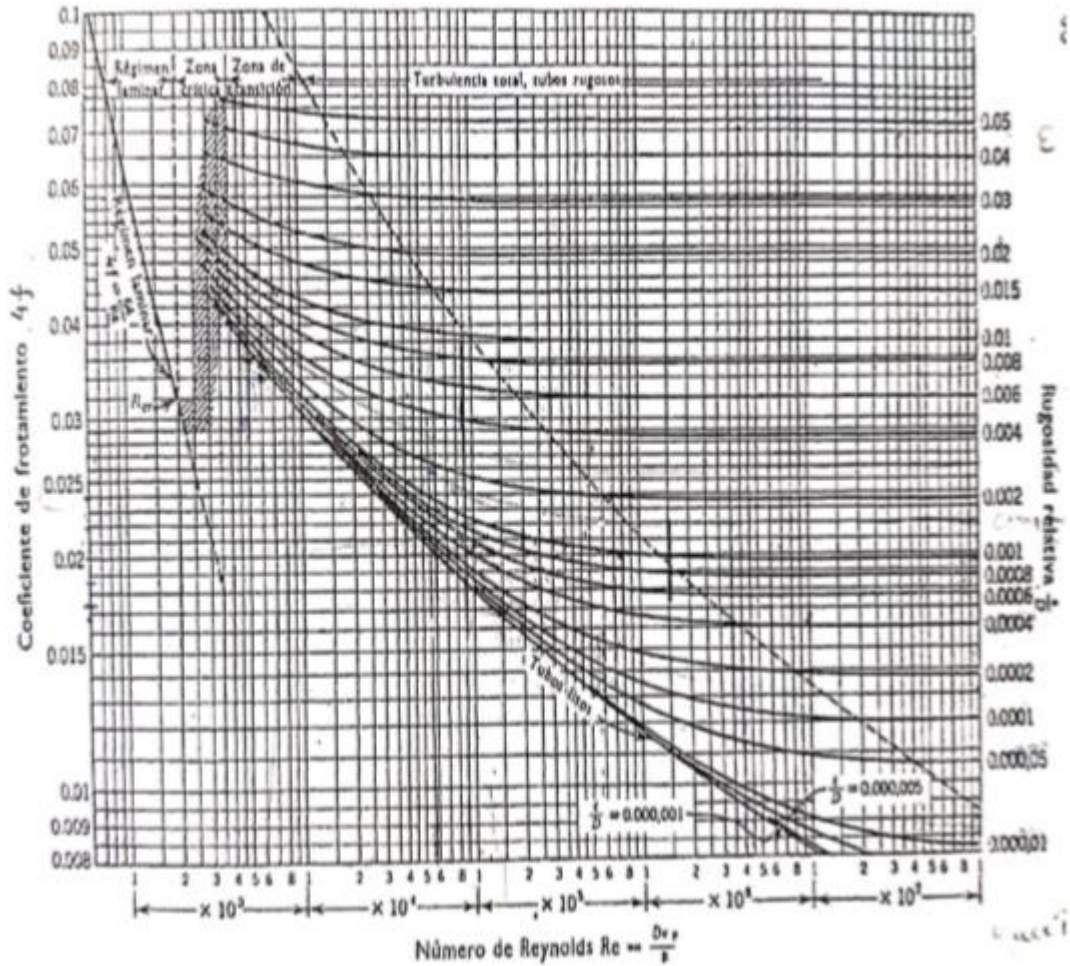


Figura. A2. 3. Gráfico de Moody.

Cuándo se requiera del uso de bombas se realizará el cálculo de la potencia de las mismas con la Ecuación 40:

$$P = \frac{h \cdot g \cdot m}{\eta} \quad \text{Ecuación (40)}$$

Donde:

h es la carga de la bomba (m).

g es la gravedad (9,81 m/s²).

m es el caudal másico (kg/s).

η es el rendimiento de la bomba.

Finalmente, tras realizar el cálculo de la bomba y la potencia, se calcula el NPSH disponible, mediante la Ecuación 41, para comprobarlo con el NPSH requerido. El NPSH disponible es el que se dispone en el sistema para mantener el caudal deseado de líquido en la tubería de aspiración, mientras que el requerido depende del fabricante. Este último representa la carga mínima de aspiración para que no se produzca la cavitación de la bomba para un caudal dado. Para que una bomba tenga un funcionamiento correcto el NPSH disponible debe ser mayor al NPSH requerido. En caso contrario, se producirá la vaporación parcial del líquido originando balsas de gas, fenómeno conocido como cavitación.

$$NPSH_{disp} = (z_1 - z_3) + \frac{1}{g} \left(\frac{P_1 - P_v}{\rho} + \frac{v_1^2}{2 \cdot \alpha_1} - \Delta F_{asp} \right) \quad \text{Ecuación (41)}$$

Donde:

$NPSH_{disp}$. El disponible en el sistema (m).

z_1 es la altura en el punto final de aspiración (m).

z_3 es la altura en el punto final de aspiración (m).

g es la gravedad (9,81 m/s²).

P_1 es la altura en el punto inicial de aspiración (Pa).

P_v es la presión de vapor del agua. A 20°C su valor es de 2339,26 Pa.

ρ es la densidad del agua (kg/m³).

v_1 es la velocidad en el punto inicial de aspiración (m/s).

$\alpha_1=1$ en régimen turbulento.

ΔF_{asp} es la pérdida de carga total en el tramo de aspiración. Se calcula de la misma forma que la pérdida de carga total, teniendo en cuenta únicamente el tramo recto de los accidentes en el tramo de aspiración (J/kg).

Para el cálculo del $NPSH_{disp}$ utilizando la Ecuación 41 se ha considerado el sistema que aparece en la Figura

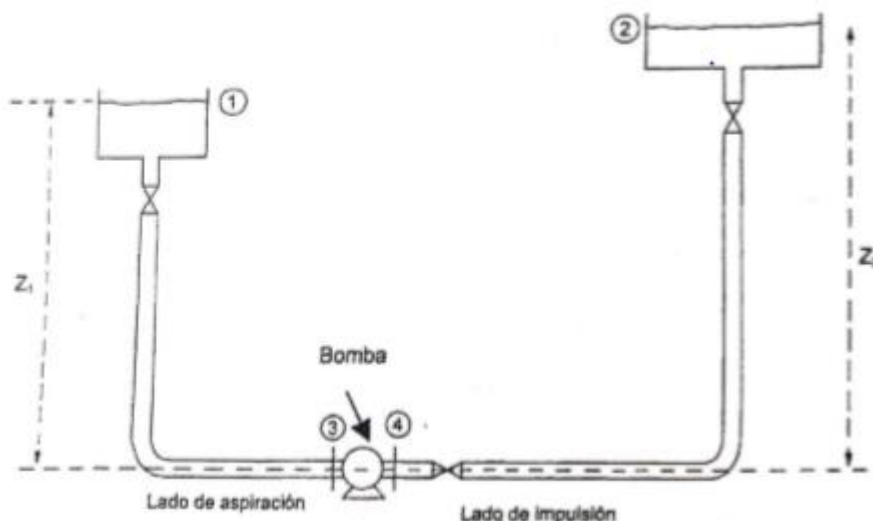


Figura. A2. 4. Esquema del sistema considerado para el cálculo de $NSPH_{disp}$.

2.1 Cálculo de los Balances de Energía Mecánica

En éste apartado se van a estudiar el comportamiento del Balance de Energía Mecánica (BEM) de los tramos estudiados.

Los tramos objeto de estudio son:

- **Tramo 2:** Desde la salida del reactor hasta el decantador secundario.
- **Tramo 4:** Recirculación del decantador al reactor biológico.

2.1.1 Tramo 2 desde la salida del reactor hasta el decantador secundario

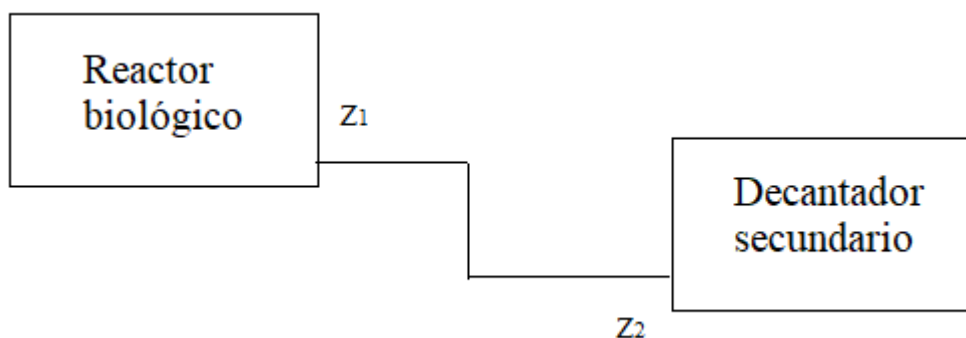


Figura. A2. 5. Puntos en los que se aplica el balance.

Teniendo en cuenta las siguientes alturas:

$$z_2=2,5 \text{ m}$$

$$z_1=0 \text{ m}$$

Y que la longitud de la tubería es de 6m, se calculan las pérdidas de carga:

Para ello, se calculan los Reynolds con la Ecuación 38:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{1000 \cdot 1,86 \cdot 0,044}{0,001} = 82030$$

Una vez obtenido el valor de los Reynolds, buscamos su valor en el gráfico de Moody para obtener el valor de $4f$, que nos da de 0,0185.

Por lo tanto la pérdida de carga en los tramos rectos es:

$$\Delta F_r = 2f v^2 \frac{L}{D} = 2 \cdot 0,004625 \cdot 1,86^2 \cdot \frac{6}{0,044} = 4,38 \text{ J/kg}$$

Para el cálculo de las pérdidas de carga en los accidentes se tiene en cuenta la Tabla A2.9:

Tabla A2. 9. Accidentes en el Tramo 2.

Tipo	Unidades	K
Salidas cantos vivos	1	1
Codo 90 STD	1	0,75
Codo 90 STD	1	0,75
Entrada cantos vivos	1	0,5

Por lo tanto la pérdida de carga en los accidentes es:

$$\Delta F_a = \Sigma K \frac{v^2}{2} = \Sigma (1 + 0,75 + 0,75 + 0,5) \cdot \frac{1,86^2}{2} = 5,21 \text{ J/kg}$$

Finalmente la pérdida de carga total es:

$$\Delta F = \Delta F_r + \Delta F_a = 4,38 + 5,21 = 9,6 \text{ J/kg}$$

Una vez obtenidos los parámetros del balance de energía mecánica está se calcula con la Ecuación 35:

$$h_s = (-2,5 - 0) + \frac{1}{9,81} \cdot 9,6 = -1,52 \text{ m}$$

El tramo 2 no requiere de bombas, fluye por gravedad desde z_1 a z_2 .

2.1.2 Tramo 5. Recirculación del decantador al reactor biológico

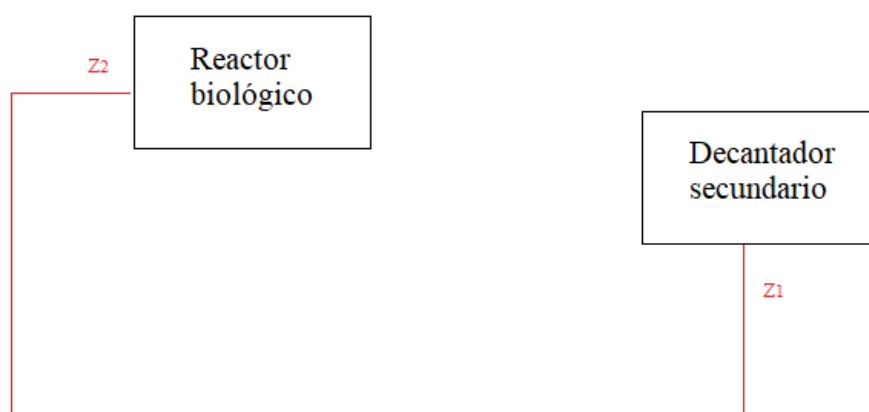


Figura. A2. 6. Puntos en los que se aplica el balance.

Teniendo en cuenta las siguientes alturas:

$$z_2=4 \text{ m}$$

$$z_1=0 \text{ m}$$

Y que la longitud de la tubería es de 6m, se calculan las pérdidas de carga.

Para ello, se calculan los Reynolds con la Ecuación 38:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{1.000 \cdot 1,94 \cdot 0,0352}{0,001} = 68.358$$

Una vez obtenido el valor de los Reynolds, buscamos su valor en el gráfico de Moody para obtener el valor de $4f$, que nos da de 0,0197.

Por lo tanto la pérdida de carga en los tramos rectos se calcula con la Ecuación 37:

$$\Delta F_r = 2fv^2 \frac{L}{D} = 2 \cdot 0,004925 \cdot 1,94^2 \cdot \frac{20}{0,0352} = 21,11 \text{ J/kg}$$

Para el cálculo de las pérdidas de carga en los accidentes se tiene en cuenta la Tabla A2.11:

Tabla A2. 10. Accidentes en el tramo 5.

Tipo	Unidades	K
Salidas cantos vivos	1	1
Codo 90 STD	1	0,75
Codo 90 STD	1	0,75
Codo 90 STD	1	0,75
Entrada cantos vivos	1	0,5

Por lo tanto la pérdida de carga en los accidentes es:

$$\Delta F_a = \Sigma K \frac{v^2}{2} = \Sigma (1 + 0,75 + 0,75 + 0,75 + 0,5) \cdot \frac{1,94^2}{2}$$

$$\Delta F_a = 7,07 \text{ J/kg}$$

Finalmente la pérdida de carga total que se calcula mediante la Ecuación 36 es:

$$\Delta F = \Delta F_r + \Delta F_a = 21,11 + 7,07 = 28,18 \text{ J/kg}$$

Una vez obtenidos los parámetros del balance de energía mecánica esta da:

$$h_s = (4 - 0) + \frac{1}{9,81} \cdot 28,18 = 6,87 \text{ m}$$

Este tramo requiere de una bomba para impulsar el caudal de agua hacia la entrada del reactor biológico.

La potencia de la bomba se calcula con la Ecuación 40:

$$m = 3,4 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1 h}{3600s} \cdot \frac{1000 kg}{m^3} = 0,94 \frac{kg}{s}$$

$$P = \frac{h \cdot g \cdot m}{\eta} = \frac{6,87 \cdot 9,81 \cdot 0,94}{0,7} = 90,53W$$

Anexo n°3 Estudio de Seguridad y Salud

ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES	5
1.1	Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud	5
1.2	Proyecto al que se refiere.....	5
1.3	Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria.....	6
1.4	Maquinaria de obra.....	7
1.5	Medios auxiliares	7
1.6	Riesgos laborables evitables	9
1.7	Riesgos laborales no evitables	9
1.7.1	Toda la obra.....	9
1.7.2	Movimiento de tierras.....	11
1.7.3	Cimentaciones y estructuras	13
1.7.4	Cubiertas.....	15
1.7.5	Albañilería y cerramiento.	17
1.7.6	Acabados.	19
1.7.7	Instalaciones.	20
1.8	Riesgos laborables especiales.....	22
1.9	Normas de seguridad en la obra.....	23

TABLAS

Tabla A3. 1. Datos generales.....	5
Tabla A3. 2. Servicios higiénicos requeridos.....	6
Tabla A3. 3 Primeros auxilios y asistencia sanitaria.....	6
Tabla A3. 4 Características de los medios auxiliares.....	8
Tabla A3. 5 Medidas preventivas para toda la obra.....	10
Tabla A3. 6. EPIs necesarios para la obra.....	11
Tabla A3. 7. Fase movimiento de tierras.....	12
Tabla A3. 8. EPIs utilizados en el movimiento de tierras.....	12
Tabla A3. 9. Medidas preventivas en la fase de cimentación y estructuras.....	14
Tabla A3. 10 EPIs necesarios en la fase de cimentación y estructuras.....	14
Tabla A3. 11 Medidas preventivas en la fase de cubierta.....	16
Tabla A3. 12 EPIs necesarios para la fase de cubiertas.....	17
Tabla A3. 13 Medidas preventivas en la fase de albañilería y cerramientos.....	18
Tabla A3. 14 EPIs necesarios en la fase de albañilería y cerramientos.....	18
Tabla A3. 15 Medidas necesarias en la fase de acabados.....	19
Tabla A3. 16 EPIs necesarios para la fase de acabados.....	20
Tabla A3. 17. Medidas preventivas necesarias para la fase de instalaciones.....	21
Tabla A3. 18. EPIs necesarias para la fase de instalaciones.....	21
Tabla A3. 19. Normas generales de seguridad en la obra.....	23

1. ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES

1.1 Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud está redactado para dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

De acuerdo con el artículo 7 del citado R.D., el objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud es servir de base para que el contratista elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud el Trabajo, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

1.2 Proyecto al que se refiere

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se refiere al Proyecto cuyos datos generales son:

Tabla A3. 1. Datos generales.

Proyecto de ejecución	Diseño de un lecho bacteriano
Autor del proyecto	Belén Vergara Braulio
Emplazamiento	Villamalur
PEM	48.410,92 €
Plazo de ejecución previsto	8 meses
Número máximo de operarios	10

1.3 Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria

De acuerdo con el apartado 15 del Anexo 4 del R.D.1627/97, la obra dispondrá de los servicios higiénicos que se indican en la Tabla A3.2:

Tabla A3. 2. Servicios higiénicos requeridos.

√	Vestuarios con asientos y taquillas individuales, provistas de llave.
√	Lavabos con agua fría, agua caliente, y espejo.
√	Duchas con agua fría y caliente.
√	Retretes.
OBSERVACIONES: 1.- La utilización de los servicios higiénicos será no simultánea en caso de haber operarios de distintos sexos.	

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica en la Tabla A3. 3, en la que se incluye además la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

Tabla A3. 3 Primeros auxilios y asistencia sanitaria.

Nivel de asistencia	Nombre y ubicación	Distancia aprox. (km)
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia Primaria (Urgencias)	Centro de Salud	11,2 km
Asistencia Especializada (Hospital)	Hospital	11,2 km

1.4 Maquinaria de obra

La maquinaria que se utilizará en esta obra se indica a continuación:

- Grúa- torre.
- Hormigonera.
- Camiones.
- Cabestrante mecánico.
- Maquinaria para movimiento de equipos y tuberías.

1.5 Medios auxiliares

En la Tabla A3. 4 siguiente se relacionan los medios auxiliares que van a ser empleados en la obra y sus características más importantes:

Tabla A3. 4 Características de los medios auxiliares.

Medios auxiliares	Correcta colocación de los pestillos de seguridad de los ganchos.
	Los pescantes serán preferiblemente metálicos.
	Los cabrestantes se revisarán trimestralmente.
	Correcta disposición de barandilla de segur., barra intermedia y rodapié.
	Obligatoriedad permanente del uso de cinturón de seguridad.
Andamios tubulares apoyados	Deberán montarse bajo la supervisión de persona competente.
	Se apoyarán sobre una base sólida y preparada adecuadamente.
	Se dispondrán anclajes adecuados a las fachadas.
	Las cruces de San Andrés se colocarán por ambos lados.
	Correcta disposición de las plataformas de trabajo.
	Correcta disposición de barandilla de segur., barra intermedia y rodapié.
	Correcta disposición de los accesos a los distintos niveles de trabajo.
	Uso de cinturón de seguridad de sujeción Clase A, Tipo I durante el montaje y el desmontaje.
Andamios	La distancia entre apoyos no debe sobrepasar los 3,5 m.
Escaleras de mano	Zapatas antideslizantes. Deben sobrepasar en 1 m la altura a salvar.
	Separación de la pared en la base = \square de la altura total.
Instalación eléctrica	Cuadro general en caja estanca de doble aislamiento, situado a $h > 1\text{m}$:
	I. diferenciales de 0,3A en líneas de máquinas y fuerza.
	I. diferenciales de 0,03A en líneas de alumbrado a tensión $> 24\text{V}$.
	I. magnetotérmico general omnipolar accesible desde el exterior.
	I. magnetotérmicos en líneas de máquinas, tomas de cte. y alumbrado.
	La instalación de cables será aérea desde la salida del cuadro.
	La puesta a tierra (caso de no utilizar la del edificio) será ≤ 80 ohmios.

1.6 Riesgos laborales evitables

A continuación, se van a detallar los riesgos laborales que pudiendo existir se pueden evitar.

- Derivados de la rotura de instalaciones existentes.
- Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas.

También se va a detallar las medidas tomadas para evitar los riesgos antes nombrados:

- Neutralización de instalaciones existentes.
- Corte del fluido, puesta a tierra y cortocircuito de los cables.

1.7 Riesgos laborales no evitables

Se identificará aquellos riesgos laborales que no se pueden evitar completamente, así como las medidas preventivas y las protecciones, tanto técnicas como individuales, que se deben utilizar.

1.7.1 Toda la obra

Riesgos:

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Caídas de objetos sobre terceros.
- Choques o golpes contra objetos.
- Choques o golpes contra objetos.
- Sobre esfuerzo.

En la Tabla A3.5 se observa aquellas medidas preventivas y protecciones colectivas que se pueden realizar junto al grado de adaptación que se deben tomar.

Tabla A3. 5 Medidas preventivas para toda la obra.

Medidas preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra	Permanente
Orden y limpieza de los lugares de trabajo	Permanente
Recubrimiento, o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T.	Permanente
Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra)	Permanente
No permanecer en el radio de acción de las máquinas	Permanente
Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento	Permanente
Señalización de la obra (señales y carteles)	Permanente
Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia	Alternativa al vallado
Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura 2m	Permanente
Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra	Permanente
Extintor de polvo seco, de eficacia 21A - 113B	Permanente
Evacuación de escombros	Frecuente
Escaleras auxiliares	Ocasional
Información específica	Para riesgos concretos
Cursos y charlas de formación	Frecuente
Grúa parada y en posición veleta	Con viento fuerte
Grúa parada y en posición veleta	Final de cada jornada

En la Tabla A3.6 se muestran aquellos equipos necesarios y la frecuencia de empleo de cada uno de ellos.

Tabla A3. 6. EPIs necesarios para la obra.

Equipos de protección individual (EPIs)	Empleo
Cascos de seguridad	Permanente
Calzado protector	Permanente
Ropa de trabajo	Permanente
Ropa impermeable o de protección	Con mal tiempo
Gafas de seguridad	Frecuente
Cinturones de protección del tronco	Ocasional

1.7.2 Movimiento de tierras

Riesgos:

- Desplomes, hundimientos y desprendimientos del terreno.
- Desplomes en edificios colindantes.
- Caídas de materiales transportados.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de máquinas.
- Ruidos
- Vibraciones

En la Tabla A3. 7 se observa aquellas medidas preventivas y protecciones colectivas que se pueden realizar junto al grado de adaptación que se deben tomar, junto con los EPIs recomendados.

Tabla A3. 7. Fase movimiento de tierras.

Medidas preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Observación y vigilancia del terreno	Diaria
Talud natural del terreno	Permanente
Entibaciones	Frecuente
Limpieza de bolos y viseras	Frecuente
Observación y vigilancia de los edificios colindantes	Diaria
Pasos o pasarelas	Permanente
Separación de tránsito de vehículos y operarios	Permanente
Cabinas o pórticos de seguridad en máquinas (Rops y Fops)	Permanente
No acopiar junto al borde de la excavación	Permanente
Plataformas para paso de personas, en bordes de excavación	Ocasional
No permanecer bajo el frente de excavación	Permanente
Barandillas en bordes de excavación (0,9 m)	Permanente
Rampas con pendientes y anchuras adecuadas	Permanente

En la Tabla A3.8 se muestran los diferentes EPIs que se recomiendan en cada caso:

Tabla A3. 8. EPIs utilizados en el movimiento de tierras.

Equipos de protección individual (EPIs)	Empleo
Botas de seguridad	Permanente
Botas de goma	Ocasional
Guantes de cuero	Ocasional
Guantes de goma	Ocasional

1.7.3 Cimentaciones y estructuras

Riesgos:

- Desplomes y hundimientos del terreno.
- Desplomes en edificios colindantes.
- Caídas de operarios al vacío.
- Caídas de materiales transportados.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Atropellos, colisiones y vuelcos.
- Contagios por lugares insalubres.
- Lesiones y cortes en brazos y manos.
- Lesiones, pinchazos y cortes en pies.
- Dermatitis por contacto con hormigones y morteros.
- Ruidos.
- Vibraciones.
- Quemaduras producidas por soldadura.
- Radiaciones y derivados de la soldadura.
- Ambiente pulvígeno.
- Electrocuciiones.

En la Tabla A3.9, se observa aquellas medidas preventivas y protecciones colectivas que se pueden realizar junto al grado de adopción que se deben tomar.

Tabla A3. 9. Medidas preventivas en la fase de cimentación y estructuras.

Medidas preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Apuntalamientos y apeos	Permanente
Achique de aguas	Frecuente
Pasos o pasarelas	Permanente
Separación de tránsito de vehículos y operarios	Ocasional
Cabinas o pórticos de seguridad en máquinas (Rops y Fops)	Permanente
No acopiar junto al borde de la excavación	Permanente
Observación y vigilancia de los edificios colindantes	Diaria
No permanecer bajo el frente de excavación	Permanente
Redes verticales perimetrales (correcta colocación y estado)	Permanente
Redes horizontales (interiores y bajo los forjados)	Frecuente
Andamios y plataformas para encofrados	Permanente
Plataformas de carga y descarga de material	Permanente
Barandillas resistentes (0,9 m de altura, con listón intermedio y rodapié)	Permanente
Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales	Permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas, y escaleras de mano	Permanente

En la Tabla A3.10 se muestran aquellos equipos necesarios y la frecuencia de empleo de cada uno de ellos.

Tabla A3. 10 EPIs necesarios en la fase de cimentación y estructuras.

Equipos de protección individual (EPIs)	Empleo
Gafas de seguridad	Ocasional
Guantes de cuero o goma	Frecuente
Botas de seguridad	Permanente
Botas de goma o P.V.C. de seguridad	Ocasional
Pantallas faciales, guantes, manguitos, mandiles y polainas para soldar	En estructura metálica
Cinturones y arneses de seguridad	Frecuente

1.7.4 Cubiertas

Riesgos:

- Caídas de operarios al vacío, o por el plano inclinado de la cubierta.
- Caídas de materiales transportados, a nivel y a niveles inferiores.
- Lesiones y cortes en manos.
- Lesiones, pinchazos y cortes en pies.
- Dermatitis por contacto con materiales.
- Inhalación de sustancias tóxicas.
- Quemaduras producidas por soldadura de materiales.
- Vientos fuertes.
- Incendio por almacenamiento de productos combustibles.
- Derrame de productos.
- Electrocuciiones.
- Hundimientos o roturas en cubiertas de materiales ligeros.
- Proyecciones de partículas.
- Condiciones meteorológicas adversas.

En la Tabla A3.11, se observa aquellas medidas preventivas y protecciones colectivas que se pueden realizar junto al grado de adopción que se deben tomar.

Tabla A3. 11 Medidas preventivas en la fase de cubierta.

Medidas preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Redes verticales perimetrales (correcta colocación y estado)	Permanente
Redes de seguridad (interiores y/o exteriores)	Permanente
Andamios perimetrales en aleros	Permanente
Plataformas de carga y descarga de material	Permanente
Barandillas rígidas y resistentes (con listón intermedio y rodapié)	Permanente
Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales	Permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas	Permanente
Escaleras de tejador, o pasarelas	Permanente
Parapetos rígidos	Permanente
Acopio adecuado de materiales	Permanente
Señalizar obstáculos	Permanente
Plataforma adecuada para gruista	Permanente
Ganchos de servicio	Permanente
Accesos adecuados a las cubiertas	Permanente
Paralización de los trabajos en condiciones meteorológicas adversas	Ocasional

En la Tabla A3.12 se muestran aquellos equipos necesarios y la frecuencia de empleo de cada uno de ellos.

Tabla A3. 12 EPIs necesarios para la fase de cubiertas.

Equipos de protección individual (EPIs)	Empleo
Guantes de cuero o goma	Ocasional
Botas de seguridad	Permanente
Cinturones y arneses de seguridad	Permanente
Mástiles y cables fiadores	Permanente

1.7.5 Albañilería y cerramiento.

Riesgos:

- Caídas de operarios al vacío.
- Caídas de materiales transportados, a nivel y a niveles inferiores.
- Atrapamientos y aplastamientos en manos durante el montaje de andamios.
- Atrapamientos por los medios de elevación y transporte.
- Lesiones y cortes en manos.
- Lesiones, pinchazos y cortes en pies.
- Dermatitis por contacto con hormigones, morteros y otros materiales.
- Incendios por almacenamiento de productos combustibles.
- Golpes o cortes con herramientas.
- Electrocuaciones.
- Proyecciones de partículas al cortar materiales.

En la Tabla A3.13, se observa aquellas medidas preventivas y protecciones colectivas que se pueden realizar junto al grado de adopción que se deben tomar.

Tabla A3. 13 Medidas preventivas en la fase de albañilería y cerramientos.

Medidas preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Apuntalamientos y apeos	Permanente
Pasos o pasarelas	Permanente
Redes verticales	Permanente
Redes horizontales	Frecuente
Andamios (constitución y accesos correctos)	Permanente
Plataformas de carga y descarga de material en cada planta	Permanente
Barandillas rígidas (0,9 m de altura, con listón intermedio y rodapié)	Permanente
Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales	Permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas	Permanente
Evitar trabajos superpuestos	Permanente
Bajante de escombros adecuadamente sujetas	Permanente
Protección de huecos de entrada de material en plantas	Permanente

La Tabla A3.14 se muestran aquellos equipos necesarios y la frecuencia de empleo de cada uno de ellos.

Tabla A3. 14 EPIs necesarios en la fase de albañilería y cerramientos.

Equipos de protección individual (EPIs)	Empleo
Gafas de seguridad	Frecuente
Guantes de cuero o goma	Frecuente
Botas de seguridad	Permanente
Cinturones y arneses de seguridad	Frecuente
Mástiles y cables fiadores	Frecuente

1.7.6 Acabados.

Riesgos:

- Caídas de operarios al vacío.
- Caídas de materiales transportados.
- Ambiente pulvígeno.
- Lesiones y cortes en manos.
- Lesiones, pinchazos y cortes en pies.
- Dermatitis por contacto con materiales.
- Incendio por almacenamiento de productos combustibles.
- Inhalación de sustancias tóxicas.
- Quemaduras.
- Electrocutión.
- Atrapamientos con o entre objetos o herramientas,
- Deflagraciones, explosiones e incendios.

En la Tabla A3.15, se observa aquellas medidas preventivas y protecciones colectivas que se pueden realizar junto al grado de adopción que se deben tomar.

Tabla A3. 15 Medidas necesarias en la fase de acabados.

Medidas preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)	Permanente
Andamios	Permanente
Plataformas de carga y descarga de material	Permanente
Barandillas	Permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas	Permanente
Evitar focos de inflamación	Permanente
Equipos autónomos de ventilación	Permanente
Almacenamiento correcto de los productos	Permanente

La Tabla A3.16, se muestran aquellos equipos necesarios y la frecuencia de empleo de cada uno de ellos.

Tabla A3. 16 EPIs necesarios para la fase de acabados.

Equipos de protección individual (EPIs)	Empleo
Gafas de seguridad	Ocasional
Guantes de cuero o goma	Frecuente
Botas de seguridad	Frecuente
Cinturones y arneses de seguridad	Ocasional
Mástiles y cables fiadores	Ocasional
Mascarilla filtrante	Ocasional
Equipos autónomos de respiración	Ocasional

1.7.7 Instalaciones.

Riesgos:

- Lesiones y cortes en manos y brazos.
- Dermatitis por contacto con materiales.
- Inhalación de sustancias tóxicas.
- Quemaduras.
- Golpes y aplastamientos de pies.
- Incendio por almacenamiento de productos combustibles.
- Electrocuaciones.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Ambiente pulvígeno.

En la Tabla A3.17, se observa aquellas medidas preventivas y protecciones colectivas que se pueden realizar junto al grado de adopción que se deben tomar.

Tabla A3. 17. Medidas preventivas necesarias para la fase de instalaciones.

Medidas preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)	Permanente
Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes	Frecuente
Protección del hueco del ascensor	Permanente
Plataforma provisional para ascensoristas	Permanente
Realizar las conexiones eléctricas sin tensión	Permanente

En la siguiente tabla, la Tabla A3.18, se muestran aquellos equipos necesarios y la frecuencia de empleo de cada uno de ellos.

Tabla A3. 18. EPIs necesarias para la fase de instalaciones.

Equipos de protección individual (EPIs)	Empleo
Gafas de seguridad	Ocasional
Guantes de cuero o goma	Frecuente
Botas de seguridad	Frecuente
Cinturones y arneses de seguridad	Ocasional
Mástiles y cables fiadores	Ocasional
Mascarilla filtrante	Ocasional

1.8 Riesgos laborales especiales.

Se van a especificar los trabajos que implican riesgos especiales para los trabajadores y por lo tanto están incluidos en el Anexo II del R.D. 162/1997:

- Especialmente graves de caídas de altura, sepultamientos y hundimientos.
- Que requieren el montaje y desmontaje de elementos prefabricados pesados.
- Se indican las medidas adoptadas para controlar y reducir los riesgos nombrados con anterioridad:
- Señalizar y respetar la distancia de seguridad (5m).
- Pórticos protectores de 5 m de altura.
- Calzado de seguridad.

1.9 Normas de seguridad en la obra

Tabla A3. 19. Normas generales de seguridad en la obra.

Normas generales de seguridad		
Ley de Prevención de Riesgos Laborales.	Ley 31/95	08-11-95
Reglamento de los Servicios de Prevención.	Rd 39/97	17-01-97
Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción. (transposición Directiva 92/57/CEE)	Rd 1627/97	24-10-97
Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud.	Rd 485/97	14-04-97
Modelo de notificación de accidentes de trabajo.	Orden	16-12-87
Reglamento Seguridad e Higiene en el Trabajo de la Construcción. Modificación. Complementario.	Orden Orden Orden	20-05-52 19-12-53 02-09-66
Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo. Corrección de errores. (Derogados Títulos I y III. Título II: cap: I a V, VII, XIII)	Orden --	09-03-71 --
Ordenanza trabajo industrias construcción, vidrio y cerámica.	Orden	28-08-79
Anterior no derogada. Corrección de errores. Modificación (no derogada), Orden 28-08-70. Interpretación de varios artículos. Interpretación de varios artículos.	Orden Orden Orden Resolución	28-08-70 27-07-73 21-11-70 24-11-70
Señalización y otras medidas en obras fijas en vías fuera de poblaciones.	Orden	31-08-87
Protección de riesgos derivados de exposición a ruidos.	Rd 1316/89	27-10-89
Disposiciones mínimas de seguridad y salud sobre manipulación manual de cargas. (Directiva 90/269/CEE)	Rd 487/97	23-04-97
Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto. Corrección de errores.	Orden --	31-10-84 --
Modelo libro de registro.	Orden	22-12-87
Estatuto de los trabajadores.	Ley 8/80	01-03-80
Regulación de la jornada laboral.	Rd 2001/83	28-07-83
Formación de comités de seguridad.	Rd. 423/71	11-03-71

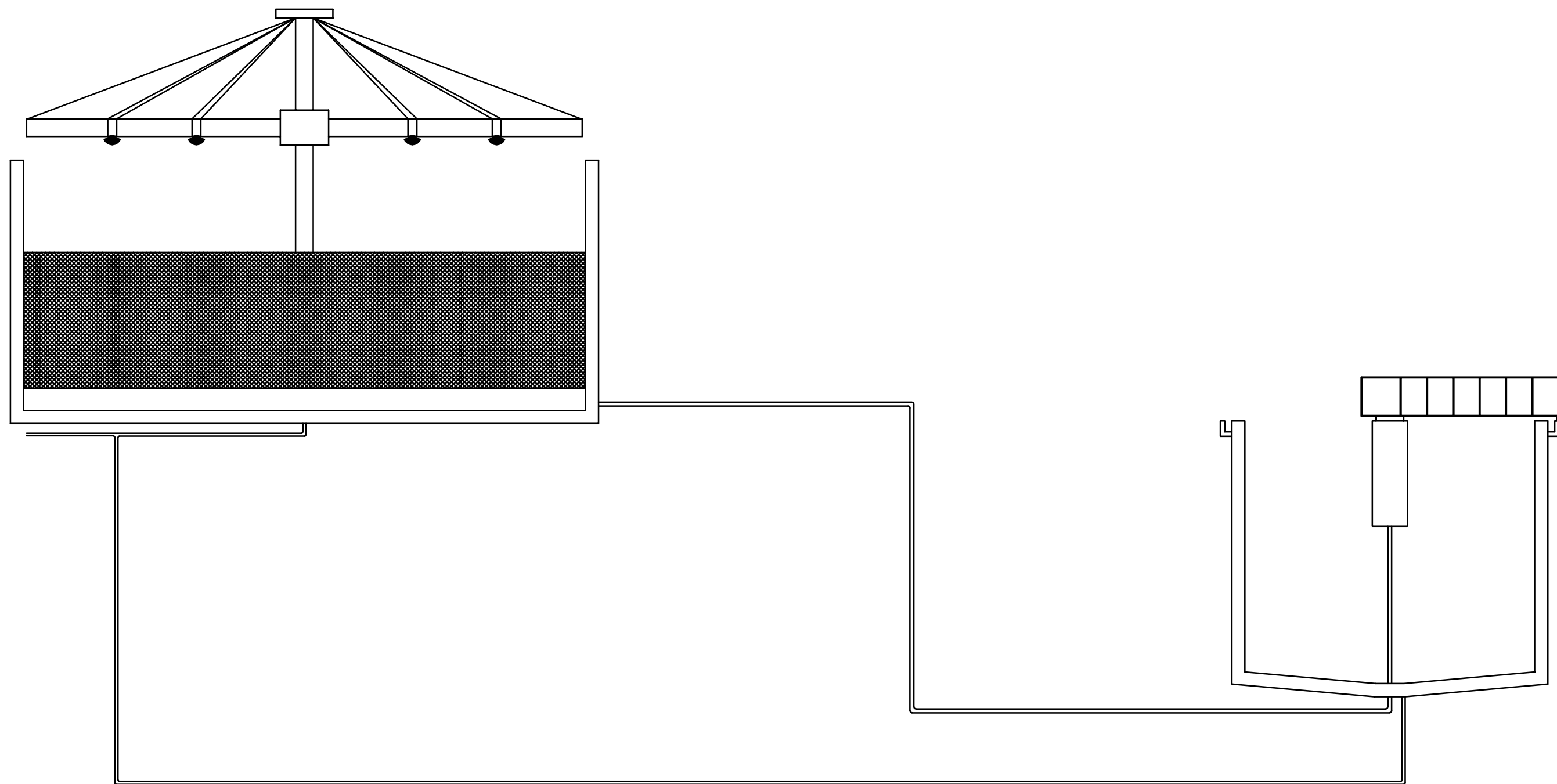
3. Planos

ÍNDICE

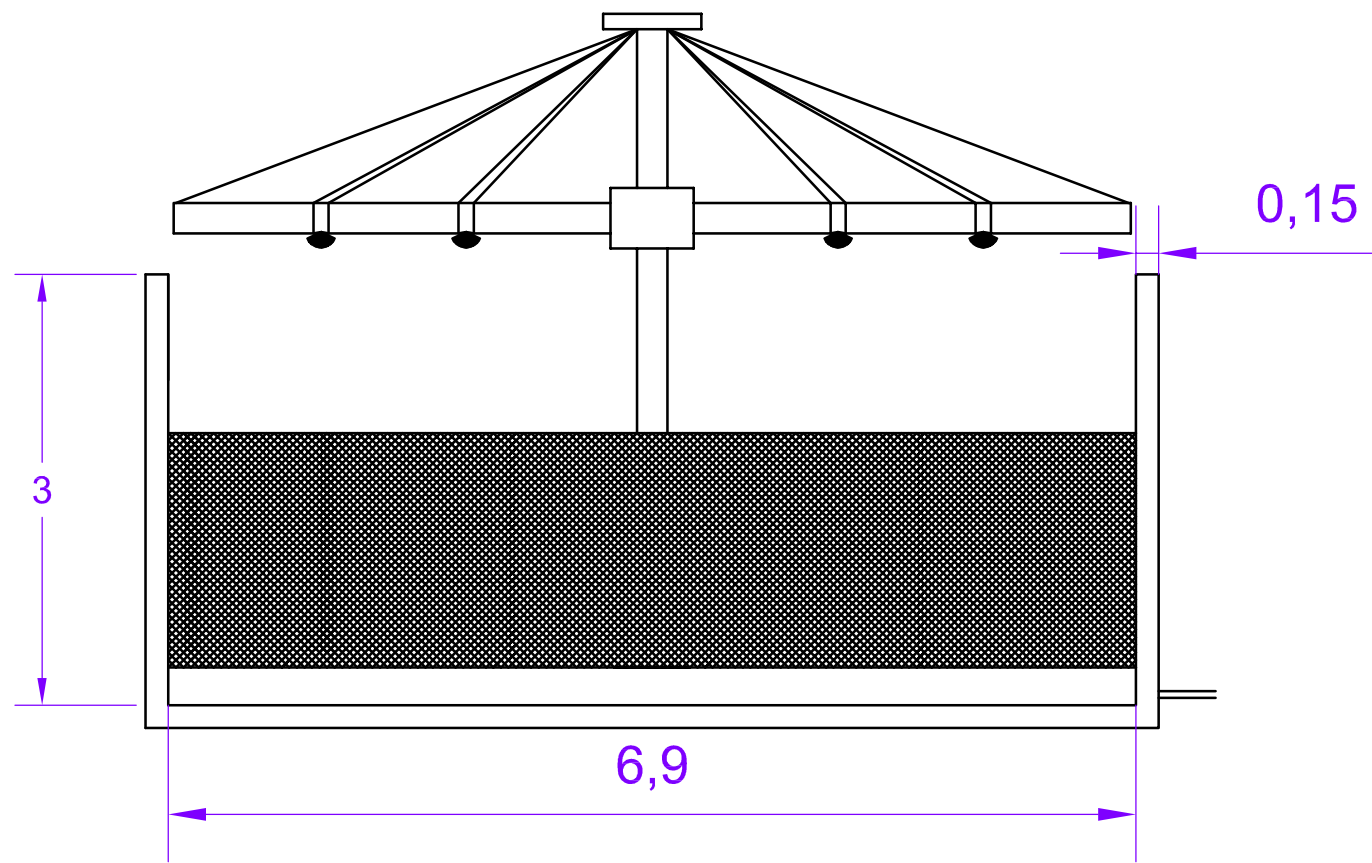
PLANO 1. ESQUEMA GENERAL

PLANO 2 LECHO BACTERIANO

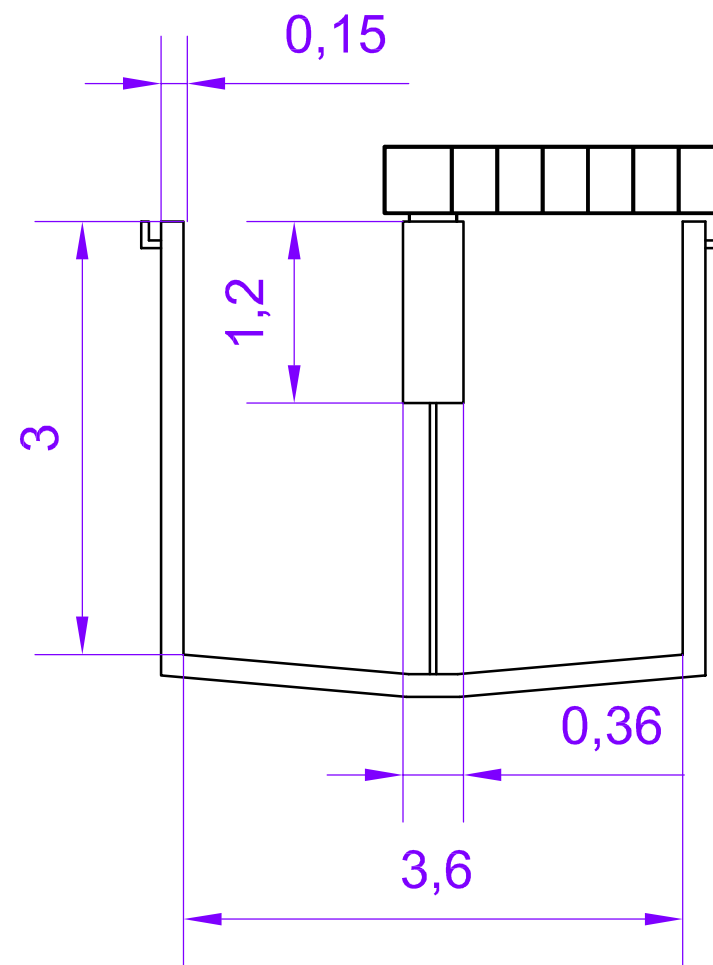
PLANO 3 DECANTADOR SECUNDARIO



Plano 1: Esquema general del tratamiento de depuración		
20:1	Diseño de un lecho bacteriano para una E.D.A.R	
m		
EQ-1044	Vergara Braulio, Belén	



Plano 2: Lecho bacteriano		
20:1	Diseño de un lecho bacteriano para una E.D.A.R	
m		
EQ-1044	Vergara Braulio, Belén	



Plano 3: Decantador secundario		
20:1	Diseño de un lecho bacteriano para una E.D.A.R	
m		
EQ-1044	Vergara Braulio, Belén	

4. Pliego de condiciones

ÍNDICE

1.	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	5
1.1	Disposiciones generales	5
1.2	Contrato de obra.....	5
1.2.1	Documentación del contrato de obra	5
1.2.2	Formalización del contrato de obra	5
2.	PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS	7
2.1	Definición y atribuciones de los agentes de la edificación.	7
2.1.1	Promotor	7
2.1.2	Proyectista	7
2.1.3	Contratista.....	8
2.1.4	Director de obra	8
2.1.5	Director de la ejecución de la obra	8
2.1.6	Los suministradores de productos	9
2.2	Visitas facultativas	9
2.3	Documentación final de obra	9
3.	PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS	11
3.1	Contrato de obra.....	11
3.2	Criterio general	12
3.3	Fianzas	12
3.3.1	Ejecución de trabajos con cargo de la fianza.....	12
3.3.2	Devolución de las fianzas	13
3.4	Precios.....	13
3.5	Indemnizaciones	13
3.6	Retenciones en concepto de garantía	13
3.7	Liquidación final de la obra	14
4.	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	15

4.1	Condiciones técnicas generales.....	15
4.2	Condiciones técnicas particulares	16
4.2.1	Conducciones.....	16
4.2.2	Accesorios	16
4.2.3	Bomba.....	16

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.1 Disposiciones generales

La finalidad de este Pliego de Condiciones es fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el proyecto y servir de base para la relación del contrato de obra entre el promotor y el contratista.

1.2 Contrato de obra

El presente contrato tiene por objetivo el diseño de un lecho bacteriano para una EDAR. Para ello, se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el director de obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

1.2.1 Documentación del contrato de obra

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de relación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- El presente Pliego de Condiciones.
- La documentación gráfica y escrita del proyecto: Planos, Memoria, Anexos, Estado de Mediciones y Presupuestos.

En caso de interpretación prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

1.2.2 Formalización del contrato de obra

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública, a petición de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.

- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en el Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y Anexos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

2. PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS

2.1 Definición y atribuciones de los agentes de la edificación.

Las atribuciones de los distintos agentes que intervienen en la edificación son las reguladas por la ley 38/66 de ordenación de la edificación (LOE).

Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la loe y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

2.1.1 Promotor

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la obra, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparán también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la obra.

Cuando las administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la legislación de contratos de las administraciones públicas y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la LOE.

2.1.2 Projectista

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de la loe, cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

2.1.3 Contratista

Es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al proyecto y al contrato de obra.

Cabe efectuar especial mención de que la ley señala como responsable explícito de los vicios o defectos constructivos al contratista general de la obra, sin perjuicio del derecho de repetición de éste hacia los subcontratistas.

2.1.4 Director de obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del director de obra.

2.1.5 Director de la ejecución de la obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo instalado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el ingeniero, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencias y atribuciones legales, estimara necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

2.1.6 Los suministradores de productos

Se consideran suministradores de productos a los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción para la instalación.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

2.2 Visitas facultativas

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la dirección facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra.

Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

2.3 Documentación final de obra

Una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitada al promotor por el director de obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento de la instalación, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, será entregada a los usuarios finales.

En cuanto a los propietarios es de obligatorio conservar en buen estado la instalación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuenta.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

3. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, Promotor y Contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

3.1 Contrato de obra

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el promotor y el contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la dirección facultativa (director de obra y director de ejecución de la obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la dirección facultativa pueda, de hecho, coordinar, dirigir y controlar la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el contratista.
- Condiciones de ocupación del edificio e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del contratista: legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del promotor.
- Presupuesto del contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: *planning*.
- Retraso de la obra: penalizaciones.

- Recepción de la obra: provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este pliego de condiciones económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la dirección facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente pliego de condiciones económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

3.2 Criterio general

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la ley 38/1999 de ordenación de la edificación (L.O.E.), tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

3.3 Fianzas

El contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra.

3.3.1 Ejecución de trabajos con cargo de la fianza

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en nombre y representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

3.3.2 Devolución de las fianzas

La fianza recibida será devuelta al contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

3.4 Precios

Si el Contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese realizado la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

3.5 Indemnizaciones

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un porcentaje del importe total de los trabajos contratados o cantidad fija, que deberá indicarse en el Contrato suscrito entre Contratista y Promotor, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de obra. Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza o a la retención.

3.6 Retenciones en concepto de garantía

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del promotor durante el tiempo designado como periodo de garantía, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en representación del promotor, los

ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

3.7 Liquidación final de la obra

Entre el promotor y contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la dirección de obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la dirección de obra, ésta sólo mediará en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los tribunales.

4. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

En el Pliego de condiciones técnicas se establecen las prescripciones técnicas y particulares que, además de las cláusulas administrativas y económicas que regulan el correspondiente contrato, habrán de regir para la ejecución de las obras del presente proyecto “Diseño de un lecho bacteriano para una EDAR”, emplazada en Villamalur, Castellón.

4.1 Condiciones técnicas generales

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el proyecto.

Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de documento de idoneidad técnica que avale sus calidades, emitido por organismos técnicos reconocidos.

El contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El contratista notificará al director de ejecución de la obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el director de ejecución de la obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el director de ejecución de la obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del Contratista.

En los materiales y equipos con garantía propia, se trasladará la garantía que concede el fabricante.

4.2 Condiciones técnicas particulares

4.2.1 Conducciones

PE-100:

Las conducciones de PE-100 que se utilizarán en los tramos de la instalación son diseñadas de acuerdo con la norma UNE-EN-13244, con diámetro nominal de:

- DN40

La longitud de cada tubería será medida según los cálculos y documentos gráficos del proyecto y se comprobará que su situación y recorrido se corresponden con éstos, y que hay espacio suficiente para su instalación.

4.2.2 Accesorios

Los accesorios, como válvulas y codos, se instalarán en cada tramo del material que corresponda a éste y teniendo en cuenta el diámetro nominal, para asegurar la compatibilidad entre los diferentes elementos.

4.2.3 Bomba

La bomba se colocará evitando zona de aspiración larga. La tubería de aspiración será hermética y con los mínimos accidentes posibles. El último tramo de la tubería será recto.

5. Estado de mediciones

ÍNDICE

1.	ESTADO DE MEDICIONES	5
1.1	Partida 1: Equipos principales	5
1.2	Partida 2: Conducciones y accidentes.....	6
1.3	Partida 3: Obra civil	6
1.4	Partida 4: Seguridad y Salud.....	7

TABLAS

Tabla E.M. 1. Partida 1: Equipos principales.	5
Tabla E.M. 2. Partida 2: Conducciones y accesorios.....	6
Tabla E.M. 3. Partida 3: Obra civil.....	6
Tabla E.M. 4. Partida 4: Seguridad y Salud.....	7

1. ESTADO DE MEDICIONES

En este documento se encuentran desglosados las partidas a tener en cuenta en la elaboración del presupuesto final del proyecto, así como las unidades que componen cada una de estas y las cantidades de cada uno de los casos.

Hay un total de 4 partidas:

- Equipos principales.
- Conducciones y accidentes.
- Obra civil.
- Seguridad y Salud.

1.1 Partida 1: Equipos principales

En la Tabla EM.1 se muestra el estado de mediciones de los equipos principales que componen la planta:

Tabla E.M. 1. Partida 1: Equipos principales.

Elemento	Unidades	Cantidad
Pasarela para el reactor biológico	m ²	5
Reactor biológico con escalera de acceso	Ud	1
Decantador con escalera de acceso y plataforma	Ud	1
Bomba de recirculación	Ud	1

1.2 Partida 2: Conducciones y accidentes

En la Tabla E.M. 2 se muestra el estado de mediciones de las conducciones y accidentes del proyecto.

Tabla E.M. 2. Partida 2: Conducciones y accesorios.

Elemento	Unidades	Cantidad
Tubería PE-100 DN40mm PN=10 atm	m	20
Tubería PE-100 DN40mm PN=10 atm	m	6
Codo 90° STD DN40 mm	Ud	5

1.3 Partida 3: Obra civil

En la Tabla E.M. 3 se observan el estado de mediciones de la obra civil realizada.

Tabla E.M. 3. Partida 3: Obra civil.

Elemento	Unidades	Cantidad
Desbroce de terreno	m ²	1.350
Excavación, nivelación y carga al camión	m ²	21
Reactor biológico de hormigón armado	m ³	32,5
Decantador de hormigón armado	m ³	30,6

1.4 Partida 4: Seguridad y Salud

En la Tabla E.M.4 se muestra el estado de mediciones de seguridad y salud referido a la obra civil.

Tabla E.M. 4. Partida 4: Seguridad y Salud.

Elemento	Unidades	Cantidad
Seguridad y salud	%	2,50%

6. Presupuesto

ÍNDICE

1.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL	5
1.1	Partida 1: Equipos principales	5
1.2	Partida 2: Conducciones y accesorios.....	6
1.3	Partida 3: Obra civil	6
1.4	Partida 4: Seguridad y Salud.....	7
1.5	Presupuesto de Ejecución de Material total	7
2.	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	8

TABLAS

Tabla P. 1. Partida 1: Equipos principales.	5
Tabla P. 2 Partida 2: Conducciones y accesorios.....	6
Tabla P. 3. Partida 3: Obra civil.....	6
Tabla P. 4. Partida 4: Seguridad y Salud.....	7
Tabla P. 5. PEM.	7
Tabla P. 6. PEC.	8

1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL

El presupuesto de Ejecución de Material se encuentra desglosado en las siguientes partidas presupuestarias:

- Equipos principales.
- Conducciones y accesorios
- Obra civil
- Seguridad y Salud

1.1 Partida 1: Equipos principales

La primera partida presupuestaria está formada por los equipos principales que forman parte de la planta de tratamiento de aguas, como se observa en la Tabla P.1.

Tabla P. 1. Partida 1: Equipos principales.

Elemento	Unidades	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Pasarela para el reactor biológico	m ²	5	400	2.000
Reactor biológico con escalera de acceso	Ud	1	420	420
Decantador con escalera de acceso y plataforma	Ud	1	30.250	30.250
Bomba de recirculación	Ud	1	1736,3	1.736,3
TOTAL				34.406,3

1.2Partida 2: Conducciones y accesorios

La segunda partida presupuestaria está formada por las conducciones y accesorios que forman parte de la línea de tratamiento.

Tabla P. 2 Partida 2: Conducciones y accesorios.

Elemento	Unidades	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Tubería PE-100 DN40mm PN=10 atm	m	21,50	1,78	38,27
Tubería PE-100 DN40mm PN=10 atm	m	6	2,75	16,50
Codo 90° STD DN40 mm	Ud	5	19,40	97,00
TOTAL				149,10

1.3Partida 3: Obra civil

En la partida 3 se reflejan los gastos de obra civil requeridos, incluyendo los costes de construcción de los depósitos.

Tabla P. 3. Partida 3: Obra civil.

Elemento	Unidades	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Desbroce de terreno	m ²	1.350	1,7	2.295
Excavación, nivelación y carga al camión	m ²	21	5,27	110,67
Reactor biológico de hormigón armado	m ³	32,5	176,1	5.723,25
Decantador de hormigón armado	m ³	30,6	176,1	5.388,66
TOTAL				13.517,58

1.4 Partida 4: Seguridad y Salud

La partida 4 hace referencia al presupuesto de seguridad y salud considerándose como el 2,5% de la obra civil, tal y como se muestra en la Tabla P.4:

Tabla P. 4. Partida 4: Seguridad y Salud.

Elemento	Unidades	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Seguridad y salud	%	2,50%	13.517,58	337,94

1.5 Presupuesto de Ejecución de Material total

El Presupuesto de Ejecución de Material total (PEM) es la suma de todas las partidas anteriores. Aparece reflejado en la Tabla P.5.

Tabla P. 5. PEM.

Partida	Precio total (€)
Equipos principales	34.406,30
Conducciones y accesorios	149,10
Obra civil	13.517,58
Seguridad y salud	337,94
PEM	48.410,92

2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

El Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC) se obtiene teniendo en cuenta el PEM, los gastos generales, que son un 13% del PEM (incluyen los gastos debidos a licencias, seguridad y salud y tratamiento y vertido de residuos) y el beneficio industrial, un 6% del PEM. El PEC se observa en la Tabla P.6.

Tabla P. 6. PEC.

PEM	48.410,92
Gastos Generales 13%	6.293,42
Beneficio Industrial 6%	2.904,66
IVA 21%	10.166,29
PEC	67.775,29

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a la cantidad de **SESENTA Y SIETE MIL SETECIENTOS SETENTA Y CINCO EUROS CON VEINTINUEVE CENTIMOS (67.775,29 €)**.