



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MASTER

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA NUEVA EDAR DE OLIVA
(VALENCIA)

Presentado por

García Brook, Francisco David

Para la obtención del

Master Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Curso: 2021/2022

Fecha: 12/12/2021

Tutor: Joaquín Serralta Sevilla



ÍNDICE

1.	Introducción	7
1.1.	Métodos de depuración	8
1.2.	Eliminación de nutrientes	10
2.	Marco legal.....	12
2.1.	Legislación europea.....	12
2.2.	Legislación estatal	14
2.3.	Legislación autonómica.....	14
3.	Objetivos y metodología	16
3.1.	Objetivos	16
3.2.	Metodología	16
4.	Antecedentes	17
5.	Localización	19
6.	Descripción de las EDAR actuales.....	21
6.1.	EDAR de Oliva.....	21
6.2.	EDAR Oliva Nova Sector 1	23
6.3.	EDAR Oliva Nova Sector 2ª.....	25
6.4.	EDAR Oliva Nova Sector 2B	27
6.5.	EDAR Oliva Nova Sector 2C	28
6.6.	EDAR Oliva Nova Sector 2D.....	30
6.7.	EDAR Oliva Nova Sector 5	32
6.8.	EDAR Oliva Nova Sector 6	33
6.9.	EDAR Camping San Fernando.....	35
7.	Planteamiento y simulación de alternativas.....	37
7.1.	Datos de partida.....	37
7.2.	Esquemas de tratamiento simulados.....	39
8.	Resultados de las alternativas.....	43
8.1.	Alternativa 1: Proceso convencional con digestión aerobia	43
8.2.	Alternativa 2: Oxidación total	44
8.3.	Alternativa 3: Reactor AnRBM y proceso de oxidación total.....	46
9.	Cálculos económicos	48
9.1.	Costes de operación.....	48
9.2.	Costes de construcción	55
10.	Comparación de alternativas	58

10.1.	Costes de Operación	58
10.2.	Costes de Construcción	60
10.3.	Costes Totales	61
10.4.	Alternativa seleccionada	62
11.	Desarrollo de la alternativa elegida	63
11.1.	Pretratamiento	63
11.2.	Tratamiento primario y secundario	66
11.3.	Tratamiento terciario	66
11.4.	Estimación del coste de implantación.....	68
12.	Bibliografía	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Esquema de fangos activados.	8
Figura 1.2. Esquema de Ludzack-Ettinger modificado.	11
Figura 1.3. Variación de la concentración de fósforo.	11
Figura 4.1. Plano situación de las distintas EDAR.....	17
Figura 5.1. Ubicación del municipio de Oliva.	19
Figura 5.2. Ubicación de la nueva EDAR de Oliva.....	20
Figura 5.3. Parcelas reservadas para la nueva EDAR de Oliva (Fuente: catastro).....	20
Figura 6.1. Foto aérea de la EDAR de Oliva.	21
Figura 6.2. Plano situación de la EDAR de Oliva.....	21
Figura 6.3. Esquema de la EDAR de Oliva (Fuente: EPSAR).....	23
Figura 6.4. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 1.....	24
Figura 6.5. Plano situación de la EDAR Oliva Nova Sector 1.	24
Figura 6.6. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 1 (Fuente: EPSAR).	25
Figura 6.7. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 2A.	25
Figura 6.8. Plano situación de la EDAR Oliva Nova Sector 2A.....	26
Figura 6.9. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 2A (Fuente: EPSAR).....	26
Figura 6.10. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 2B.....	27
Figura 6.11. Plano situación de la EDAR Oliva Nova Sector 2B.	27
Figura 6.12. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 2B (Fuente: EPSAR).	28
Figura 6.13. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 2C.....	28
Figura 6.14. Plano situación de la EDAR Oliva Nova Sector 2C.	29
Figura 6.15. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 2C (Fuente: EPSAR).	30
Figura 6.16. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 2D.	30
Figura 6.17. Plano Situación de la EDAR Oliva Nova Sector 2D.....	31
Figura 6.18. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 2D (Fuente: EPSAR).....	31
Figura 6.19. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 5.....	32
Figura 6.20. Plano situación de la EDAR Oliva Nova Sector 5.	32
Figura 6.21. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 5 (Fuente: EPSAR).	33
Figura 6.22. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 6.....	33
Figura 6.23. Plano situación de la EDAR Oliva Nova Sector 6.	34
Figura 6.24. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 6 (Fuentes: EPSAR).....	34
Figura 6.25. Imagen de la EDAR Camping San Fernando.	35
Figura 6.26. Plano situación de la EDAR Camping San Fernando.....	35
Figura 6.27. Esquema de la EDAR Camping San Fernando (Fuente: EPSAR).	36
Figura 7.1. Caracterización del agua residual a tratar.....	38
Figura 7.2. Esquema de Proceso Convencional con digestión aerobia.....	40
Figura 7.3. Esquema de Oxidación Total.....	41
Figura 7.4. Esquema de Método de Membranas.....	42
Figura 9.1. Gráfico comparativo de los costes anuales de cloruro férrico para cada alternativa.	49
Figura 9.2. Gráfico comparativo de los costes anuales de polielectrolito para cada alternativa.	50
Figura 9.3. Gráfico comparativo de los costes energéticos anuales de aireación para cada alternativa.	51

Figura 9.4. Gráfico comparativo de los costes energéticos anuales de agitación para cada alternativa.	52
Figura 9.5. Gráfico comparativo de los costes energéticos anuales de agitación para cada alternativa sumando la agitación del digester anaerobio y la agitación de las membranas.	53
Figura 9.6. Gráfico comparativo de los costes energéticos anuales de bombeo para cada alternativa.	54
Figura 9.7. Modelos de membranas (KOCH Membrane Systems).	56
Figura 9.8. Costes de construcción de las distintas alternativas.	56
Figura 9.9. Coste de equipos de las distintas alternativas.	57
Figura 9.10. Costes de construcción de las diferentes alternativas.	57
Figura 10.1. Gráfico comparativo del coste de reactivos de cada alternativa.	58
Figura 10.2. Gráfico comparativo del coste energético de cada alternativa.	59
Figura 10.3. Gráfico comparativo de los costes de operación de cada alternativa.	60
Figura 10.4. Gráfico comparativo de los costes de construcción de cada alternativa.	60
Figura 10.5. Gráfico comparativo de los costes totales de cada alternativa.	61
Figura 10.6. Esquema de la alternativa seleccionada.	62
Figura 11.1. Separación y espesor de barras de sistema de rejillas.	64
Figura 11.2. Parámetros de diseño de desarenadores.	65
Figura 11.3. Diámetro y separación de lámparas (Fuente: Trojan UV).	67
Figura 11.4. Catálogo de módulos UV (Fuente: Trojan UV).	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Cuadro 1 del anexo I: Requisitos por los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas.....	13
Tabla 2.2. Cuadro 2 del anexo I: Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas.....	13
Tabla 4.1. Capacidad y Caudal medio diario de las distintas EDAR de Oliva.....	18
Tabla 7.1. Características generales de las aguas residuales de la EDAR.....	37
Tabla 7.2. Hipótesis tomadas en la caracterización.	37
Tabla 7.3. Componentes del agua de entrada.	38
Tabla 7.4. Factores de conversión.....	38
Tabla 8.1. Concentración de parámetros en el efluente del método convencional.....	43
Tabla 8.2. Características del fango producido en el método convencional.	43
Tabla 8.3. Resultados del método convencional.	44
Tabla 8.4. Concentración de parámetros en el efluente del método de oxidación total.	45
Tabla 8.5. Características del fango producido en el método de oxidación total.....	45
Tabla 8.6. Resultados del método de Oxidación total.	45
Tabla 8.7. Concentración de parámetros en el efluente del método de membranas (Riego). ..	46
Tabla 8.8. Concentración de parámetros en el efluente del método de membranas (Vertido con introducción de permeado).	46
Tabla 8.9. Características del fango producido en el método de membranas.	47
Tabla 8.10. Resultados del método de membranas.....	47
Tabla 9.1. Coste anual de cloruro férrico para cada alternativa.	48
Tabla 9.2. Coste anual de polielectrolito para cada alternativa.	49
Tabla 9.3. Coste energético anual de aireación para cada alternativa.	50
Tabla 9.4. Coste energético anual de agitación para cada alternativa.	51
Tabla 9.5. Coste energético anual de agitación del digestor anaerobio para el método de membranas.	52
Tabla 9.6. Coste energético anual de agitación de membranas.	52
Tabla 9.7. Caudales de bombeo y pérdidas de carga para cada alternativa.....	53
Tabla 9.8. Coste energético anual de bombeo para cada alternativa.	54
Tabla 9.9. Ahorro en coste energético anual producido por el aprovechamiento de metano en el método de membranas.....	55
Tabla 10.1. Coste de reactivos para cada alternativa.	58
Tabla 10.2. Coste energético para cada alternativa.....	59
Tabla 10.3. Costes de operación para cada alternativa.	59
Tabla 10.4. Costes de construcción para cada alternativa.....	60
Tabla 10.5. Costes totales para cada alternativa.	61
Tabla 11.1. Área mínima de enrejado fino.....	63
Tabla 11.2. Dimensionamiento y cálculo de rejas finas.	64
Tabla 11.3. Dimensionamiento y cálculo de rejas gruesas.	64
Tabla 11.4. Pérdidas de carga.	66
Tabla 11.5. Soplante seleccionada.	66
Tabla 11.6. Dimensionamiento y cálculo de desinfección UV.	68

ABREVIATURAS

Q_{med}	Caudal medio
Q_p	Caudal punta
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
SS	Sólidos Suspendidos
SSV	Sólidos suspendidos volátiles
SSVB	Sólidos Suspendidos Volátiles Biodegradables
I_{NSF}	Factor de Conversión para el Contenido de Nitrógeno en la SF
I_{NSI}	Factor de Conversión para el Contenido de Nitrógeno en la SI
i_{NXI}	Factor de Conversión para el Contenido de Nitrógeno en la XI
i_{NXS}	Factor de Conversión para el Contenido de Nitrógeno en la XS
I_{PSF}	Factor de Conversión para el Contenido de Fósforo en la SF
I_{PSI}	Factor de Conversión para el Contenido de Fósforo en la SI
i_{PXI}	Factor de Conversión para el Contenido de Fósforo en la XI
i_{PXS}	Factor de Conversión para el Contenido de Fósforo en la XS
X_S	Materia orgánica suspendida biodegradable expresada como DQO
X_I	Materia orgánica suspendida no biodegradable expresada como DQO
S_I	Materia orgánica soluble no biodegradable expresada como DQO
AnMBR	Biorreactor de Membrana Anaerobio
S_A	Acetato
N	Nitrógeno
P	Fósforo
OT	Oxidación Total
UV	Ultravioleta
TRC	Tiempo de Retención Celular
TRH	Tiempo de Retención Hidráulico
DA	Digestión aerobia

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para la humanidad, no solo para el consumo humano, sino también para diversos procesos industriales y para la producción de productos básicos. Debido a la actividad del ser humano se altera su estado natural y se contamina, causando graves daños ambientales en ríos y océanos, además de que hace imposible su uso para la agricultura y otras actividades. Por eso es necesario garantizar un tratamiento adecuado del agua para su reutilización y retorno al medio ambiente.

Por lo tanto, el tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que eliminan los contaminantes del agua minimizando el impacto de su vertido en el medio natural.

La depuración del agua residual procedente de núcleos urbanos o industrias, y recogida por las redes de alcantarillado y saneamiento, se lleva a cabo en una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR). En la EDAR se llevan a cabo los procesos de depuración (que ocurren de manera natural en un río) de manera concentrada y automatizada.

Los procesos de tratamiento de las aguas se pueden clasificar en:

- Procesos físicos: se basan en la aplicación de fenómenos físicos como son la fuerza gravitatoria, la fuerza centrífuga, la fuerza de retención o la fuerza de cohesión. Algunos de los tratamientos en los que ocurren procesos físicos son: el desbaste de sólidos, el desengrasado, el desarenado, la sedimentación, la flotación, la evaporación, la desinfección, y la absorción.
- Procesos químicos: aquellos provocados por la adición de productos químicos. En ocasiones es conveniente el empleo de reactivos químicos para provocar reacciones químicas que favorecen la eliminación de la contaminación. Hay diversos tratamientos de aguas residuales como son: la floculación, la coagulación, la neutralización, la oxidación, la reducción, el intercambio iónico, la absorción, y la desinfección.
- Procesos biológicos: se caracterizan por promover la actividad biológica de ciertas bacterias y microorganismos que se alimentan de sustancias orgánicas biodegradables. Estas sustancias se transforman en gases, que pueden dispersarse en la atmósfera o transformarse en tejido celular, y depositarse en el fondo en una etapa posterior. Los tratamientos basados en estos procesos de depuración de aguas residuales son: los fangos activos, los lechos bacterianos, los lechos de turba, el lagunaje, los biodiscos, y los sistemas de filtración al suelo.

Todos estos procesos pueden ocurrir en la EDAR de forma independiente o combinada y el diseño se basa en controlar las secuencias de los procesos para minimizar o eliminar los diversos parámetros de contaminación.

Además, existen dos líneas diferenciadas en el tratamiento de aguas residuales, por un lado, se encuentra la línea de aguas con la que se pretende depurar el agua residual para poder proceder al vertido del agua; y por otro lado la línea de fangos, que consistiría en el tratamiento de los fangos producidos en la línea anterior.

La línea de aguas consiste en una de las partes más importante de una EDAR, y se compone de las siguientes etapas:

- Pretratamiento: común a todos los tratamientos de agua, ya sea depuración, potabilización o desalación, y su objetivo es evitar que fragmentos grandes como ramas puedan provocar una avería en la planta de tratamiento de agua. Además, en este proceso se eliminan las arenas, grasas y aceites.
- Tratamiento secundario: generalmente se compone de un tratamiento biológico del agua seguido de un proceso de sedimentación de la biomasa. El objetivo principal de este tratamiento es la eliminación de la materia orgánica biodegradable, aunque en muchas ocasiones se diseña también para la eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- Tratamiento terciario: se centra en la eliminación de agentes patógenos, aunque también puede diseñarse para la eliminación de contaminantes no eliminados previamente como sólidos en suspensión, nutrientes y materia orgánica residual. Este tratamiento está altamente recomendado en el caso de que se quiera reutilizar el agua para el riego de jardines públicos o agricultura sin causar ningún riesgo a la salud humana.

1.1. Métodos de depuración

Los métodos biológicos empleados en tratamiento y depuración de aguas residuales se basan en un proceso de crecimiento de microorganismos que utilizan como sustrato el contaminante a eliminar en el agua, utilizando ese sustrato para la producción de la energía necesaria para sus funciones vitales.

Estos procesos biológicos se suelen dividir en dos grupos diferenciados:

- Cultivo en suspensión o en medio líquido, en el que los microorganismos pueden moverse libremente en el agua. Ejemplos de estos procesos son los fangos activados o las lagunas aireadas.
- Cultivo fijo o de soporte sólido, en la que los microorganismos crecen adheridos a un soporte. Ejemplos de estos procesos son los filtros percoladores o los biodiscos.

En cuanto a los procesos de cultivo en suspensión, el método más utilizado es el de fangos activados ya que se considera un sistema muy flexible, con un coste no muy elevado y con posibilidad de adaptación a la mayoría de los problemas de tratamiento de aguas.

El proceso de fangos activados consiste en un proceso biológico aerobio, con aireación por medios mecánicos y recirculación de fangos. Por lo que, en primer lugar, se efectúa una oxidación en el reactor biológico para luego proceder a la separación de los sólidos en el decantador secundario. Posteriormente, sale el agua tratada por el efluente del decantador y los fangos activados se recirculan al reactor biológico menos una pequeña parte que se elimina del sistema para pasar a la línea de fangos que se denomina purga.

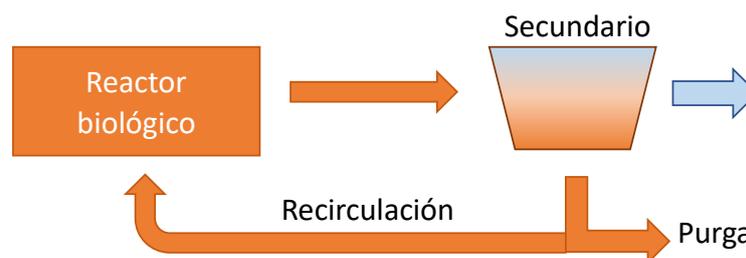


Figura 1.1. Esquema de fangos activados.

Se puede llevar a cabo en reactores de mezcla completa, en los que la concentración de cualquier componente en todos los puntos es la misma, o de flujo de pistón, basado en un reactor rectangular en el que el agua entra por un extremo y sale por el opuesto.

Además, existen diversas variantes del proceso de fangos activados como son:

- Oxidación total: consiste en dejar los microorganismos mucho tiempo en el reactor biológico casi sin alimento para conseguir la estabilización del fango, por lo que el objetivo es que en la purga de fangos el porcentaje de materia orgánica biodegradable sea bajo. De esta forma el fango purgado en el proceso de oxidación total no necesita un tratamiento posterior de digestión. Por este motivo se prescinde del decantador primario y se elevan los tiempos de retención celular. Los principales inconvenientes de este proceso son el elevado volumen del tanque y el elevado consumo energético en aireación, siendo la principal ventaja la simplicidad del esquema de tratamiento. Este tipo de tratamiento sólo es económicamente viable en pequeñas poblaciones (hasta 50.000 h.e.).
- Canales de oxidación: variante del proceso de oxidación total en el que se hace circular el agua residual alrededor de una canal circular u oval impulsada mediante aceleradores de corriente o aireadores superficiales.
- Proceso de doble etapa (Adsorción-Biooxidación): consta de dos sistemas de fangos activados en serie con condiciones de operación diferentes. Se reduce el consumo de oxígeno, absorbe las posibles entradas de tóxicos (bueno para poblaciones con posible aporte industrial) pero se complica el cálculo y el esquema.
- Reactor discontinuo secuencial (SBR): el proceso biológico y la decantación tienen lugar en el mismo reactor, pero en tiempos diferentes, por lo que se trata de un proceso por etapas. Se suele utilizar en industrias y se requiere de un tanque previo de almacenamiento.

Por otro lado, la escasez de agua debido a las cada vez más usuales sequias que están sucediéndose en España en las últimas décadas ha llevado a plantear nuevas tecnologías que permitan una reutilización del agua depurada.

Una de las tecnologías que permiten la reutilización del agua que está actualmente más en auge son los Reactores Biológicos de Membranas (MBR) o Biorreactores de Membranas. El número de plantas que han incorporado este proceso ha incrementado considerablemente desde que se incorporó por primera vez en España en el año 2002 puesto que la calidad obtenida permite la reutilización directa para todos los usos contemplados en la legislación actual, así como el vertido en zonas de alta sensibilidad ambiental, además de que el coste de fabricación ha ido decreciendo.

Por lo tanto, mientras que en un proceso biológico convencional se depura el agua, pero se mantiene a los microorganismos en ella, requiriendo un decantador secundario, en este tipo de proceso MBR se propone sustituirlo por unas membranas. Estas consiguen separar el agua y devolver los microorganismos al sistema.

Los reactores MBR operan con membranas de ultrafiltración por lo que no requieren de presiones tan elevadas como en el proceso de ósmosis inversa ya que el tamaño de partícula que separa es mayor, se permite un ahorro de espacio al eliminar el decantador secundario y al necesitar 1/3 del volumen de los reactores convencionales (al trabajar a mayor concentración), y no es necesaria una desinfección posterior ya que los microorganismos quedan retenidos en la membrana.

Además, puede ir asociado a un tratamiento anaerobio del agua residual previo en el que como principal ventaja, se permite el aprovechamiento del metano generado en el proceso para la generación de energía eléctrica. El inconveniente sería solo se pueden aplicar a corrientes con elevadas temperaturas y concentraciones de materia orgánica. Esta nueva tecnología que consiste en la combinación de tratamientos anaerobios con procesos de membrana, se denomina AnMBR.

1.2. Eliminación de nutrientes

Uno de los principales problemas que pueden ocurrir al verter agua residual a la naturaleza es la eutrofización, que consiste en un crecimiento excesivo de las plantas, algas y otros organismos gracias al exceso de nutrientes como son el nitrógeno y el fósforo. Este crecimiento excesivo puede producir un estado de anoxia en el agua perdiendo la biodiversidad de las aguas naturales.

Por lo tanto, las estaciones depuradoras de aguas residuales no solo deben eliminar la materia orgánica y los sólidos que se encuentran en ellas si no que resulta de suma importancia la eliminación de nutrientes, en concreto, el nitrógeno y el fósforo.

1.2.1. Eliminación de nitrógeno (N)

La eliminación de nitrógeno siempre se realiza mediante tratamientos biológicos debido a su eficacia, fiabilidad y bajo coste, y se compone de dos procesos diferentes, la nitrificación y la desnitrificación.

En el proceso de nitrificación, el amonio (NH_4^+) presente en el agua residual se convierte en nitrato (NO_3^-), consumiendo oxígeno y bajando el pH al generar protones. El nitrato resulta menos tóxico que el amonio por lo que conviene realizar este proceso en la EDAR antes del vertido del agua residual.

En el proceso de desnitrificación, el nitrato presente en el agua residual es transformado en nitrógeno gas que se desprende a la atmósfera. Se produce gracias a las bacterias heterótrofas las cuales cogen el oxígeno necesario para realizar sus funciones vitales del nitrato en vez del oxígeno directamente. Este tipo de bacterias si pudieran encontrar oxígeno en su entorno lo absorberían antes que del nitrato por lo que se requiere una concentración de oxígeno baja o nula (condiciones anóxicas).

Este proceso permite una mejora de la calidad del efluente, un ahorro de energía ya que no requiere de la incorporación de difusores y soplantes para incorporar el oxígeno, reduce la flotación de fangos en el decantador secundario ya que de no hacerse el proceso se produciría en él, y recupera parte de la alcalinidad consumida en la nitrificación.

Existen diferentes esquemas, pero el esquema clásico consiste en una combinación de un reactor anóxico para desnitrificar y un reactor aerobio para nitrificar (Esquema de Ludzack-Ettinger modificado). Se realiza en este orden ya que de lo contrario se eliminaría la materia orgánica en el primer proceso eliminando la posibilidad de realizar el proceso de desnitrificación posterior por lo que habría que añadir materia orgánica, lo cual no es viable económicamente.

Este esquema clásico tendría como inconveniente la imposibilidad de eliminar el nitrato generado en el reactor aerobio pero que se soluciona con una recirculación desde el final del reactor aerobio al inicio del reactor anóxico. En la Figura 1.2 se puede observar un ejemplo del esquema comentado.

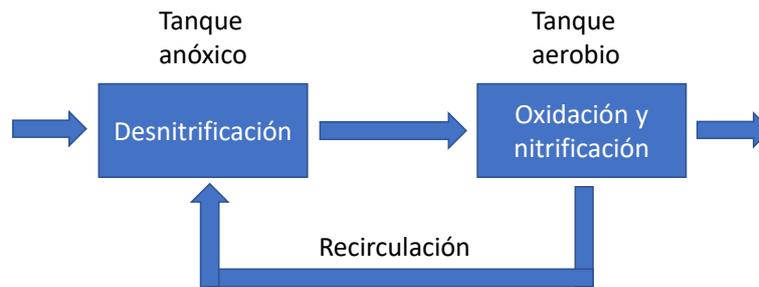


Figura 1.2. Esquema de Ludzack-Ettinger modificado.

Existen otros tipos de esquema de eliminación de nitrógeno, pero mucho menos utilizados, pero cabe destacar los procesos BABE, SHARON y SHARON-ANAMMOX que están enfocados hacia el tratamiento de corrientes que provienen de la digestión anaerobia de los fangos.

1.2.2. Eliminación de fósforo (P)

En cuanto a la eliminación de fósforo se puede producir por requisito nutricional de los fangos activados, pero resulta insuficiente para cumplir los requisitos legales de vertido ya que se elimina entre un 15-25%.

Por lo tanto, además se emplea la eliminación por las bacterias PAO (organismos acumuladores de polifosfato). Para que estas bacterias puedan desarrollarse se requiere alternar las condiciones aerobias y anaerobias, y en condiciones anaerobias debe existir una concentración determinada de ácidos grasos volátiles (AGV).

Es muy importante que no lleguen nitratos al proceso ya que interesa que los AGV sean consumidos por las bacterias PAO y no por las bacterias heterótrofas que utilizarían el nitrato para consumirlos en el proceso de desnitrificación.

El proceso de eliminación biológica de fósforo consiste en que las PAO absorben los ácidos grasos volátiles y lo transforman en PHA en condiciones anaerobias, expulsando fósforo, mientras que en condiciones aerobias utilizan oxígeno y el PHA para degradarlo y así poder crecer, absorbiendo fósforo. La toma de fósforo es superior a la liberación previa, por lo que el resultado neto es una eliminación de fósforo del agua.

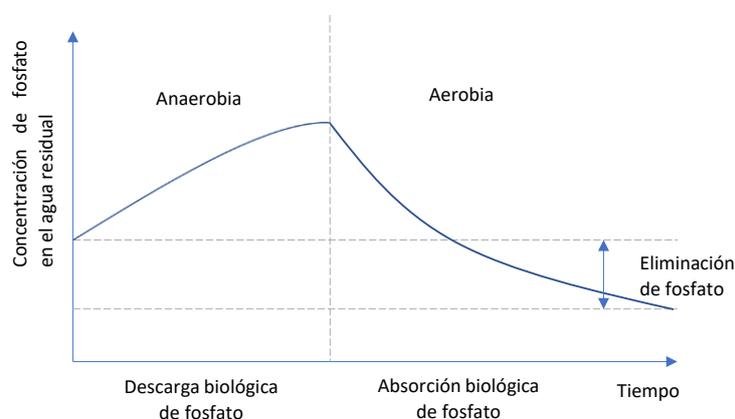


Figura 1.3. Variación de la concentración de fósforo.

Aunque cabe destacar que la mayor parte de las plantas emplean una eliminación del fósforo mediante precipitación química, la cual se lleva a cabo mediante la adición de sales de aluminio

o hierro en el agua. La precipitación consume reactivos, pero garantiza una eficacia constante lo que ha impulsado su uso.

La adición de estos reactivos se puede realizar en distintos puntos de la depuradora:

- Antes del decantador primario: mejora el rendimiento del decantador, pero una eliminación excesiva de fósforo empeora el tratamiento biológico ya que es un nutriente. Necesario incluir un tanque de floculación.
- Antes del decantador secundario: elimina la necesidad de añadir un floculador, pero aumenta los sólidos en el reactor requiriendo mayores volúmenes. Lo más habitual.
- Tratamiento terciario: no afecta al tratamiento biológico, pero resulta necesaria la instalación de un tanque de floculación y un filtro o decantador posterior.

2. MARCO LEGAL

En materia de aguas, los instrumentos legislativos que deben aplicarse son las Directivas Europeas que fijan los límites de vertido. Estas Directivas son obligatorias en relación con los resultados a alcanzar, estos pueden ser modificados de forma más restrictiva por los estados miembro. Estas Directivas, deben ser traspuestas a la legislación de cada país.

2.1. Legislación europea

La Directiva 91/271/CEE tiene por objeto proteger el medio ambiente en la Unión Europea (UE) de las repercusiones negativas que pueden llegar a producir las aguas residuales urbanas. Establece normas de recogida, tratamiento y vertido de aguas residuales. Además, esta ley abarca también las aguas residuales generadas por industrias como la agroalimentaria.

Pero considerando que los requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles propensas a eutrofización, planteaban problemas de interpretación que debían aclararse; se procedió a realizar una modificación de esta con la Directiva 98/15/CE.

Los puntos clave que destacan en estas Directivas se resumen en que los países de la UE deben:

- Recoger y tratar las aguas residuales en zonas urbanas con una población de, al menos, 2 000 personas, y aplicar un tratamiento secundario a las aguas residuales recogidas.
- Aplicar un tratamiento más avanzado en zonas urbanas con una población superior a 10 000 habitantes equivalentes y situadas en zonas sensibles designadas.
- Garantizar el mantenimiento adecuado de las instalaciones de tratamiento, de manera que tengan un rendimiento suficiente y su funcionamiento en todas las condiciones climáticas normales
- Adoptar medidas para limitar la contaminación de las aguas receptoras a causa de desbordamientos de las aguas de tormenta en situaciones extremas, como las producidas por una lluvia inusualmente intensa.
- Controlar el rendimiento de las instalaciones de tratamiento y de las aguas receptoras.
- Controlar la eliminación y reutilización de los lodos residuales.

Además de describirse los métodos de control y evaluación de resultados, en el anexo I se indican los requisitos generales para los sistemas colectores, los vertidos procedentes de

instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas, incluidos sus valores límite de emisión y para las aguas residuales industriales vertidas en sistemas colectores urbanos. En consecuencia, todos los vertidos procedentes de las diferentes EDAR de la Unión Europea deben cumplir los siguientes parámetros resumidos en el Cuadro I del Anexo I:

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción	Método de medida de referencia
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅ a 20°C)	25 mg/l O ₂	70-90	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Determinación del oxígeno disuelto antes y después de 5 días de incubación a 20°C ± 1°C, en completa oscuridad.
Demanda química de oxígeno (DQO)	125 mg/l O ₂	75	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicromato potásico.
Total de sólidos en suspensión	35 mg/l	90	<ul style="list-style-type: none"> - Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105°C - Centrifugación de una muestra representativa (durante 5 minutos como mínimo, con una aceleración media de 2.800 a 3.200 g). Secado a 105°C y pesaje.

Tabla 2.1. Cuadro 1 del anexo I: Requisitos por los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas.

En el cuadro 2 del anexo I se describen los requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizados en zonas sensibles propensas a eutrofización. Según la situación local, se podrán aplicar uno o los dos parámetros.

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción	Método de medida de referencia
Fósforo total	2 mg/l P (EDAR < 100.000 e-h) 1 mg/l P (EDAR > 100.000 e-h)	80	Espectrometría de absorción molecular
Nitrógeno total	15 mg/l N (EDAR < 100.000 e-h) 10 mg/l P (EDAR > 100.000 e-h)	70-80	Espectrometría de absorción molecular

Tabla 2.2. Cuadro 2 del anexo I: Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas

Además, En el anexo II se describen los criterios para identificar zonas sensibles y menos sensibles.

Por último, el 25 de mayo de 2020 se aprobó el Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua. Este Reglamento será de obligado cumplimiento para los estados miembros y será aplicable a partir del 26 de junio de 2023. El Reglamento establece los requisitos mínimos de calidad y control del agua y disposiciones sobre la gestión del riesgo para la utilización segura de las aguas generadas en el contexto de una gestión integrada del agua. Busca garantizar que las aguas regeneradas sean seguras para el riego agrícola y asegurar un alto nivel de protección del medio ambiente y

de la salud humana y animal, promover la economía circular, apoyar la adaptación al cambio climático y hacer frente a la escasez de agua.

2.2. Legislación estatal

En cuanto a legislación española, la Directiva anterior ha sido transpuesta a la normativa estatal por los siguientes Reales Decretos:

- R.D. Ley 11/1995, tiene por objeto complementar el régimen jurídico establecido en el título V de la Ley 29/1985 de Aguas, y en el título III de la Ley 22/1988 de Costas, con el fin de proteger la calidad de las aguas continentales y marítimas de los efectos negativos de los vertidos de las aguas residuales urbanas.
- R.D. 509/1996, desarrollo del citado Real Decreto-ley, con el que se completó la incorporación de dicha Directiva, al determinar los requisitos técnicos que deberán cumplir los sistemas colectores y las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales, así como los requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones secundarias y de aquellos que vayan a realizarse en zonas sensibles y al regular el tratamiento previo de los vertidos de las aguas residuales industriales cuando éstos se realicen a sistemas de colectores o a instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas.
- R.D. 2116/1998 con el que se buscaba modificar el cuadro 2 del anexo I del Real Decreto 509/1996.

Además, de la transposición de la Directiva europea existe más legislación estatal en el marco de la depuración y tratamiento de aguas residuales.

El Real Decreto Legislativo 1/2001, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. (Modifica la Ley 29/1985 y la Ley 46/1999). La norma establece la regulación del dominio público hidráulico, del uso del agua y del ejercicio de las competencias atribuidas al Estado delimitadas en el artículo 149 de la Constitución.

El Real Decreto 1620/2007 que tiene por objeto establecer el régimen jurídico para la reutilización de las aguas depuradas, de acuerdo con el artículo 109.1 del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001. Cabe destacar la incorporación de dos anexos; el anexo I recoge los criterios de calidad para la utilización de las aguas regeneradas según los usos. Estos criterios tendrán la consideración de mínimos obligatorios exigibles. Por su parte el anexo II contiene el modelo normalizado de solicitud que deben presentar quienes deseen obtener la concesión o autorización de reutilización de aguas depuradas.

2.3. Legislación autonómica

Respecto a la legislación a cumplir en la Comunidad Valenciana, aparece la Ley 2/1992 de Evacuación, Tratamiento y Reutilización de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana.

Esta ley tiene por objeto garantizar una actuación coordinada y eficaz entre las distintas administraciones públicas; la captación y suministro en alta; la evacuación, depuración, tratamiento y reutilización de aguas residuales en el ámbito de territorial, así como la mejora de la gestión y de las infraestructuras vinculadas a estos procesos, con el objetivo de garantizar la sostenibilidad y la eficiencia hidráulica y energética del ciclo urbano del agua.

Es en esta ley donde se crea la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (abreviadamente Entidad de Saneamiento de Aguas o EPSAR) como una entidad de derecho público, con personalidad jurídica propia e independiente de la personalidad jurídica de la Generalitat, y plena capacidad pública y privada.

La EPSAR tiene por objeto la gestión y explotación de instalaciones y servicios y la ejecución de obras de infraestructura, en materia de abastecimiento de agua, de tratamiento y depuración de aguas residuales y de reutilización de las aguas depuradas y, en general, de todas aquellas medidas que puedan contribuir a incrementar la eficiencia y la sostenibilidad del uso de los recursos hídricos en la Comunitat Valenciana, así como la gestión tributaria del canon de saneamiento establecido en esta ley.

De conformidad con lo establecido en la legislación de régimen local, es de competencia municipal el Servicio de alcantarillado, y podrá gestionarse mediante cualquiera de las formas previstas en la legislación. En relación con éste, corresponde a los ayuntamientos:

- La planificación de sus redes de alcantarillado, de acuerdo con sus planes de ordenación urbana y respetando los puntos y condiciones de salida a las redes de colectores generales o llegada puntos de vertido final establecidos.
- La construcción, explotación y mantenimiento de las redes.
- La aprobación de las tarifas o Tasas del Servicio de alcantarillado, de conformidad con los Requisitos establecidos en la legislación vigente.
- El control de vertidos a las redes municipales de alcantarillado, incluyendo la adopción de medidas correctoras, de acuerdo con las correspondientes ordenanzas municipales, normativa general de la generalitat y del estado.

3. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

3.1. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo final de máster es el diseño de una estación depuradora de aguas residuales para el tratamiento de las aguas generadas en el municipio de Oliva cumpliendo con la normativa vigente expuesta en el apartado anterior con relación a la calidad del vertido.

Para llegar a conseguir este objetivo principal se hace necesario alcanzar una serie de subobjetivos u objetivos secundarios que se resumen en:

- Estudio del estado actual de la EDAR y necesidad de actuación.
- Análisis y caracterización de las aguas de entrada a tratar.
- Planteamiento de alternativas utilizando diferentes métodos y esquemas de tratamiento.
- Simulación de las alternativas.
- Cálculo económico de las diferentes alternativas y comparación técnica y económica de las mismas.
- Selección de alternativa a implementar y desarrollo de la misma.

3.2. Metodología

El primer paso a realizar para el diseño de una EDAR es la caracterización del agua a depurar, para ello se va a emplear los datos cedidos por el profesor y tutor Joaquín Serralta además de los datos ofrecidos por la página web de la EPSAR del conjunto de las EDAR actuales en el municipio que se describirán en apartados posteriores.

Una vez se haya caracterizado el agua y analizado el resto de los factores de influencia (caudales, medidas de mejora, previsiones, etc.) se procederá a definir alternativas utilizando diferentes procesos y esquemas de tratamiento y llegar así a la solución del problema actual.

Todas estas alternativas se introducirán y simularán en el programa informático DESASS (Design and Simulation of Activated Sludge Systems). El programa permite analizar por simulación el funcionamiento de la EDAR ante cambios en las características del agua de entrada o ante cambios en las condiciones de operación.

Una vez se hayan obtenido los resultados adecuados, se procederá al cálculo de los costes económicos tanto de operación como de construcción.

Para finalizar, se realizará una comparativa de las alternativas para así poder seleccionar el diseño óptimo y proceder al desarrollo completo del mismo.

4. ANTECEDENTES

Actualmente, el término de Oliva tiene en funcionamiento diferentes EDAR que sirven a una población muy dispersa en el espacio. La división del término se ha planteado en dos sectores a los efectos de la red de saneamiento, adoptando el río Bullent como el límite entre ambos.



Figura 4.1. Plano situación de las distintas EDAR.

El sector norte abarca el núcleo de Oliva y la playa de Oliva; mientras que el sector sur engloba la zona de Oliva Nova, así como el entorno del camping San Fernando.

En correspondencia con esta división, en el sector norte existen tres depuradoras:

- La depuradora principal en la zona de la playa que recoge las aguas residuales del núcleo de Oliva y de la propia zona de la playa.
- La depuradora para el área de Rabdells (junto al río Bullent).
- Otra depuradora en el polígono industrial Jovades.

Por otro lado, en el sector sur se encuentran 7 pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales en el área de Oliva Nova, así como una depuradora de mayor entidad, denominada EDAR del Camping San Fernando. La siguiente tabla muestra las depuradoras mencionadas, sus respectivas capacidades y el caudal medio diario en 2016 (obtenido como el caudal anual/365 días).

ZONA OLIVA NORTE	Capacidad (m ³ /d)	Caudal medio diario 2016 (m ³ /d)
EDAR Oliva	4.000	8.687
EDAR Rabdells	400	40
EDAR Jovades	400	62
Total Zona Norte		8.788
ZONA OLIVA SUR	Capacidad (m ³ /d)	Caudal medio diario 2016 (m ³ /d)
EDAR Oliva Nova, Sector 1	752	311,42
EDAR Oliva Nova, Sector 2 (A)	200	125

EDAR Oliva Nova, Sector 2 (B)	200	125
EDAR Oliva Nova, Sector 2 (C)	200	125
EDAR Oliva Nova, Sector 2 (D)	200	125
EDAR Oliva Nova, Sector 5	200	125
EDAR Oliva Nova, Sector 6	200	125
EDAR Camping San Fernando	628	420,81
Total Zona Sur		1.482,23

Tabla 4.1. Capacidad y Caudal medio diario de las distintas EDAR de Oliva.

En la actualidad, el municipio de Oliva se encuentra en una situación precaria en cuanto al saneamiento y la depuración. La cantidad de agua que fluye hacia la estación depuradora de agua residual de Oliva supera con creces su capacidad de tratamiento (especialmente en verano), por lo que la mayor parte del agua después del pretratamiento debe descargarse al mar a través de un emisario submarino.

La nueva EDAR en Oliva dejará fuera de servicio todas las instalaciones de la EDAR actual, aprovechando algunas partes, para conducir los influentes que llegan a esta estación depuradora, junto con las del camping de San Fernando, a la nueva EDAR.

Esta nueva construcción estará alejada del área urbana y contará con un tratamiento terciario que permitirá la reutilización del efluente. La incorporación de este tratamiento terciario, de acuerdo con la nueva legislación, también satisfará las necesidades de riego del área correspondiente al Canal Júcar-Turia.

Además, la reutilización del volumen total de aguas residuales de la estación depuradora permitirá reducir la cantidad de extracción de agua subterránea utilizada para riego anualmente, lo que ayudará a mejorar la condición de la masa de agua subterránea de Oliva-Pego.

Por lo tanto, la propuesta se justifica para dar solución a los problemas que presenta el actual sistema de depuración y de sus instalaciones, que además de las ya comentadas se añaden y se resumen en los siguientes:

1. Estado deficiente de la obra civil y equipos, especialmente en la EDAR de Oliva.
2. Falta de capacidad para absorber los caudales actuales (la EDAR de Oliva recibe caudales que superan el doble de su capacidad).
3. Inadecuada línea de proceso para conseguir unos límites de vertido correspondientes a medio sensible.
4. Problemas de gestión/control que genera tener muchas instalaciones de depuración dispersas en el territorio (zona de Oliva Nova con diversas pequeñas depuradoras).

5. LOCALIZACIÓN

La EDAR que se va a desarrollar en el presente documento se ubica en Oliva, municipio de la Comunidad Valenciana, España. Está situado en el sureste de la provincia de Valencia, en la comarca de la Safor, limitando con la provincia de Alicante y contaba con 25.101 habitantes en 2019 (INE). En cuanto a municipios limítrofes, limita por la costa sur con Denia (Marina Alta), y por la costa norte con Piles (también de la Safor). La mayor parte de la zona urbana de Oliva está situada a 5 metros sobre el nivel del mar.

Oliva es la segunda población por el volumen de habitantes y por el tamaño del término municipal (extensión de 59.61 km²), de toda la comarca de La Safor.



Figura 5.1. Ubicación del municipio de Oliva.

En concreto, en la Figura 5.2 y la Figura 5.3, se puede observar el suelo reservado por el ayuntamiento de Oliva para ubicar la nueva EDAR de Oliva.



Figura 5.2. Ubicación de la nueva EDAR de Oliva.

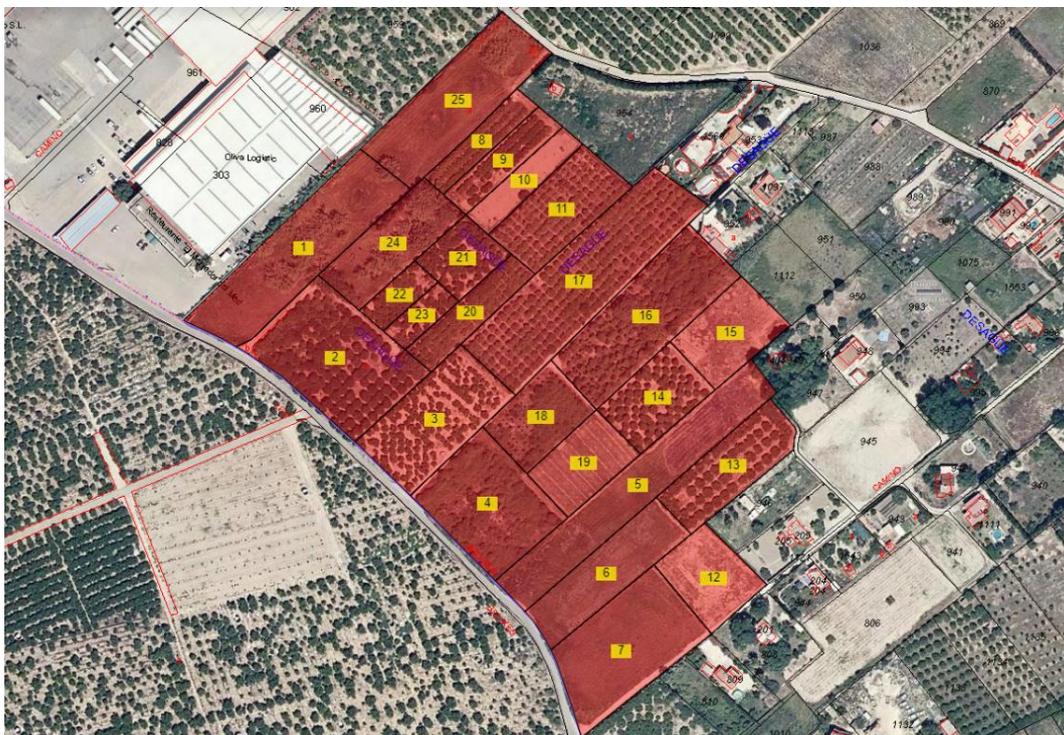


Figura 5.3. Parcelas reservadas para la nueva EDAR de Oliva (Fuente: catastro).

6. DESCRIPCIÓN DE LAS EDAR ACTUALES

6.1. EDAR de Oliva

Se trata de la actual estación depuradora de Oliva que asume los vertidos provenientes del núcleo urbano y de la playa hasta el Sector 5.



Figura 6.1. Foto aérea de la EDAR de Oliva.

6.1.1. Ubicación

Coordenadas UTM (ETRS 89 huso 30)

X:751750 Y: 4312857 Z: 2



Figura 6.2. Plano situación de la EDAR de Oliva

6.1.2. Gestión y administración

La EDAR de Oliva pertenece a la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR). Las funciones de la EPSAR son gestionar la explotación de las instalaciones y ejecutar las obras de saneamiento y de depuración que la Administración de la

Generalitat Valenciana determine, así como aquellas otras que le puedan encomendar las entidades locales u otros organismos, como se ha comentado en apartados anteriores.

La actual EDAR es explotada directamente por el Ayuntamiento de Oliva y la asistencia técnica es proporcionada por la empresa LABORATORIOS TECNOLÓGICOS DE LEVANTE, S.L. empresa de Ingeniería, Consultoría y Control de Calidad, con fuerte implantación en España, centrada de forma significativa en temas relacionados con Ingeniería Sanitaria, Depuración de Aguas y Control Analítico de Aguas, Lodos, Residuos y Suelos, así como en Calidad y Seguridad Alimentaria.

6.1.3. Instalaciones

Según se puede observar en los datos de la EPSAR, el caudal de proyecto de la actual EDAR es de 4.000 m³/día y el caudal tratado en 2016 fue de 8.687 m³/día, lo que resulta en más del doble de la capacidad para la que fue diseñada. La población servida es de 11.789 habitantes equivalentes.

Además, la potencia total instalada en la estación depuradora es de 300 kW.

Rendimientos (%) SS: 90 DBO5: 96 DQO: 91

La actual EDAR de Oliva está compuesta por un pretratamiento, un tratamiento biológico sin tratamiento terciario que finaliza en un emisario submarino y una línea de fangos que se van a exponer a continuación.

6.1.3.1. Pretratamiento

La EDAR de Oliva cuenta en primer lugar con un desbaste y tamizado de las aguas residuales. Esta etapa tiene por objetivo eliminar sólidos de gran tamaño que pueden interferir con el proceso, dañar las instalaciones, producir atascos o impedir el correcto funcionamiento de bombas y válvulas.

En concreto, la EDAR cuenta con una reja de gruesos que consiste en un conjunto de barrotes de acero uniformemente distribuidos a lo ancho del canal de entrada de agua con un tamaño de abertura de unos 5-15 cm para luego pasar al proceso de tamizado en el que la abertura pasa a ser de 0.02 a 6 mm y permite eliminar sólidos suspendidos con materia orgánica y nutrientes.

Por último, se pasa a un proceso de desarenado y desengrasado, en el cual se permite la sedimentación de elementos en suspensión más pesados como arenas y gravas (ya que al ser abrasivas dañan bombas y pueden reducir la sección de paso en zonas vulnerables) y a su vez permite la flotación de las grasas.

Este proceso se consigue gracias a la aireación en el cual se inyecta una corriente de aire que provoca la emulsión de grasas y aceites permitiendo que ascienda por su menor densidad, se continúa el proceso retirando esta emulsión por medio de rasquetas superficiales. A su vez, las arenas al tener mayor densidad van sedimentando, además, se evita que entre en condiciones anaerobias causantes de malos olores.

6.1.3.2. Tratamiento biológico

En cuanto al tratamiento secundario empleado en la EDAR de Oliva consiste en un proceso de aireación prolongada u oxidación total, el cual se basa en dejar los microorganismos mucho tiempo en el reactor biológico casi sin alimento para conseguir la estabilización del fango y que no necesite un tratamiento posterior.

Por lo tanto, el objetivo principal es conseguir un bajo porcentaje de materia orgánica biodegradable en el fango purgado lo que implica mayor tiempo de retención y mayores necesidades de oxígeno.

Este tipo de tratamiento se emplea en mayor medida en poblaciones pequeñas (hasta 50.000 h.e.) ya que los sobrecostes de construcción y energéticos se compensan con la simplicidad en la operación y la menor necesidad de personal. Además, permite prescindir de un decantador primario.

6.1.3.3. Línea de fangos

En cuanto a la línea de fangos el proceso se divide en dos métodos diferenciados:

- Filtro: tras espesar los fangos en el espesador por gravedad, se hacen pasar por un filtro que deshidrata la mezcla (deshidratación mecánica) para acabar almacenándose en una tolva de fangos.
- Eras de secado: consisten en lechos de grava y arena equipados con tubos porosos de drenaje adecuadamente distribuidos sobre los que se extiende el fango en capas finas dejándolo secar de forma natural.

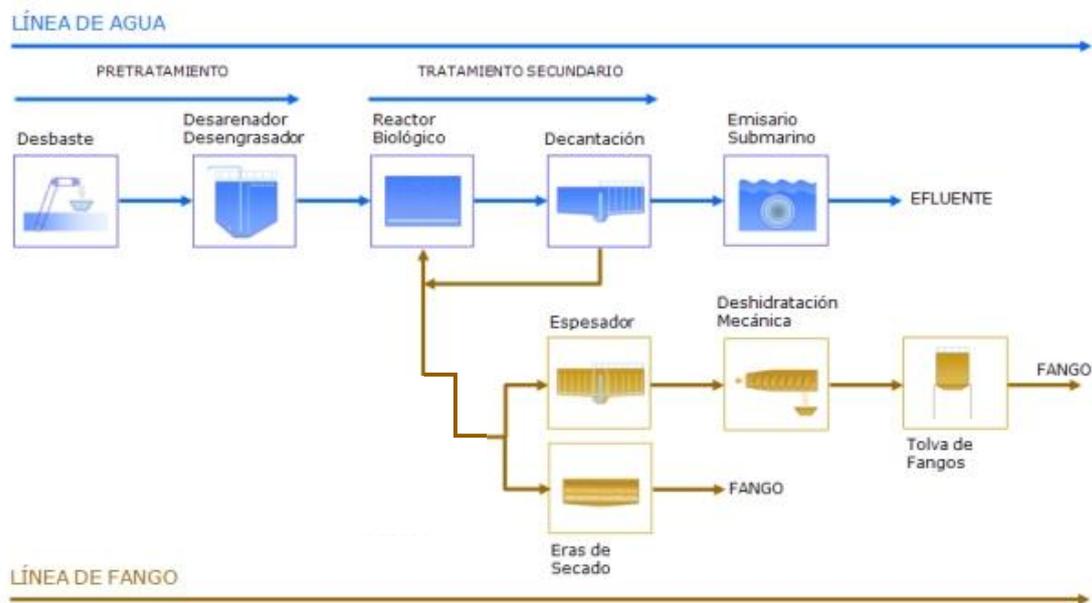


Figura 6.3. Esquema de la EDAR de Oliva (Fuente: EPSAR).

6.2. EDAR Oliva Nova Sector 1

Estación depuradora perteneciente a la urbanización Oliva Nova.



Figura 6.4. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 1.

6.2.1. Ubicación

Coordenadas UTM (ETRS 89 huso 30)

X:754821 Y: 4309853 Z: 3



Figura 6.5. Plano situación de la EDAR Oliva Nova Sector 1.

6.2.2. Gestión y administración

La EDAR Oliva Nova Sector 1 pertenece a la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR). La empresa explotadora es GLOBAL OMNIUM MEDIO AMBIENTE y la asistencia técnica es proporcionada por la empresa LABORATORIOS TECNOLÓGICOS DE LEVANTE, S.L.

6.2.3. Instalaciones

Según se puede observar en los datos de la EPSAR, el caudal de proyecto de la actual EDAR es de 752 m³/día y el caudal tratado en 2018 fue de 332 m³/día. La población servida es de 1.577 habitantes equivalentes.

Además, la potencia total instalada en la estación depuradora es de 72 kW.

Rendimientos (%) SS: 87 DBO5: 94 DQO: 80

La actual EDAR está compuesta por un pretratamiento que consiste en una reja de gruesos (desbaste), un tratamiento biológico basado en el proceso de oxidación total con eliminación de fósforo y no dispone de tratamientos en la línea de fangos.

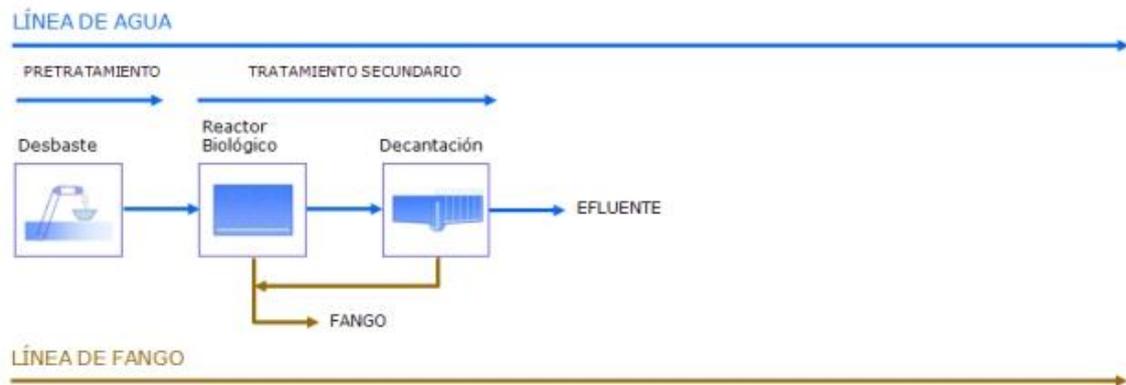


Figura 6.6. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 1 (Fuente: EPSAR).

6.3. EDAR Oliva Nova Sector 2^a

Estación depuradora perteneciente a la urbanización Oliva Nova.



Figura 6.7. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 2A.

6.3.1. Ubicación

Coordenadas UTM (ETRS 89 huso 30)

X:755270 Y: 4309304 Z: 2



Figura 6.8. Plano situación de la EDAR Oliva Nova Sector 2A.

6.3.2. Gestión y administración

La EDAR Oliva Nova Sector 2A pertenece a la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR). La empresa explotadora es GLOBAL OMNIUM MEDIO AMBIENTE y la asistencia técnica es proporcionada por la empresa LABORATORIOS TECNOLÓGICOS DE LEVANTE, S.L.

6.3.3. Instalaciones

Según se puede observar en los datos de la EPSAR, el caudal de proyecto de la actual EDAR es de 275 m³/día y el caudal tratado en 2018 fue de 125 m³/día. La población servida es de 434 habitantes equivalentes.

Además, la potencia total instalada en la estación depuradora es de 15 kW.

Rendimientos (%) SS: 70 DBO5: 90 DQO: 82

La actual EDAR está compuesta por un pretratamiento que consiste en un desengrasador, un tratamiento biológico basado en el proceso de oxidación total con eliminación de fósforo y no dispone de tratamientos en la línea de fangos.

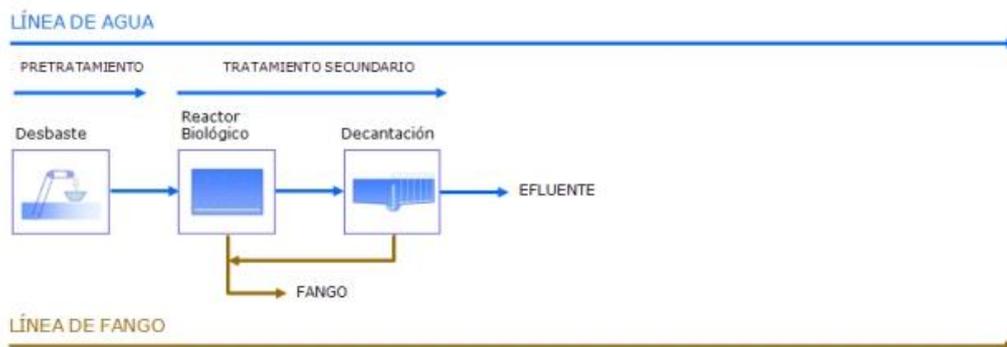


Figura 6.9. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 2A (Fuente: EPSAR).

6.4. EDAR Oliva Nova Sector 2B

Estación depuradora perteneciente a la urbanización Oliva Nova.



Figura 6.10. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 2B.

6.4.1. Ubicación

Coordenadas UTM (ETRS 89 huso 30)

X:755029 Y: 4308852 Z: 2



Figura 6.11. Plano situación de la EDAR Oliva Nova Sector 2B.

6.4.2. Gestión y administración

La EDAR Oliva Nova Sector 2B pertenece a la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR). La empresa explotadora es GLOBAL OMNIUM MEDIO AMBIENTE y la asistencia técnica es proporcionada por la empresa LABORATORIOS TECNOLÓGICOS DE LEVANTE, S.L.

6.4.3. Instalaciones

Según se puede observar en los datos de la EPSAR, el caudal de proyecto de la actual EDAR es de 275 m³/día y el caudal tratado en 2018 fue de 125 m³/día. La población servida es de 485 habitantes equivalentes.

Además, la potencia total instalada en la estación depuradora es de 14 kW.

Rendimientos (%) SS: 77 DBO5: 93 DQO: 84

La actual EDAR está compuesta por un pretratamiento que consiste en un desengrasador, un tratamiento biológico basado en el proceso de oxidación total con eliminación de fósforo y no dispone de tratamientos en la línea de fangos.

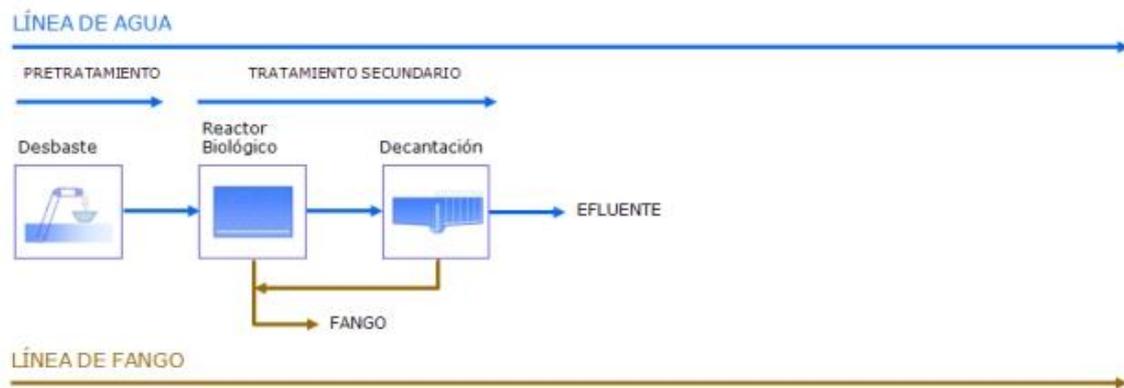


Figura 6.12. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 2B (Fuente: EPSAR).

6.5. EDAR Oliva Nova Sector 2C

Estación depuradora perteneciente a la urbanización Oliva Nova.



Figura 6.13. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 2C.

6.5.1. Ubicaci3n

Coordenadas UTM (ETRS 89 huso 30)

X:755633 Y: 4308371 Z: 3



Figura 6.14. Plano situaci3n de la EDAR Oliva Nova Sector 2C.

6.5.2. Gesti3n y administraci3n

La EDAR Oliva Nova Sector 2C pertenece a la Entidad P3blica de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR). La empresa explotadora es GLOBAL OMNIUM MEDIO AMBIENTE y la asistencia t3cnica es proporcionada por la empresa LABORATORIOS TECNOL3GICOS DE LEVANTE, S.L.

6.5.3. Instalaciones

Seg3n se puede observar en los datos de la EPSAR, el caudal de proyecto de la actual EDAR es de 275 m³/d3a y el caudal tratado en 2018 fue de 125 m³/d3a. La poblaci3n servida es de 619 habitantes equivalentes.

Adem3s, la potencia total instalada en la estaci3n depuradora es de 14 kW.

Rendimientos (%) SS: 76 DBO5: 95 DQO: 87

La actual EDAR est3 compuesta por un pretratamiento que consiste en un desengrasador, un tratamiento biol3gico basado en el proceso de oxidaci3n total con eliminaci3n de f3sforo y no dispone de tratamientos en la l3nea de fangos.

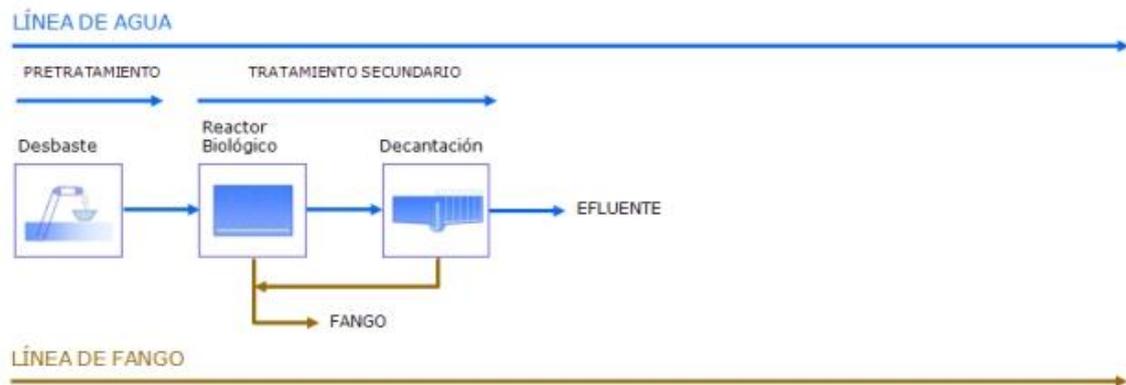


Figura 6.15. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 2C (Fuente: EPSAR).

6.6. EDAR Oliva Nova Sector 2D

Estación depuradora perteneciente a la urbanización Oliva Nova.



Figura 6.16. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 2D.

6.6.1. Ubicación

Coordenadas UTM (ETRS 89 huso 30)

X: 755993 Y: 4308607 Z: 3



Figura 6.17. Plano Situación de la EDAR Oliva Nova Sector 2D

6.6.2. Gestión y administración

La EDAR Oliva Nova Sector 2D pertenece a la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR). La empresa explotadora es GLOBAL OMNIUM MEDIO AMBIENTE y la asistencia técnica es proporcionada por la empresa LABORATORIOS TECNOLÓGICOS DE LEVANTE, S.L.

6.6.3. Instalaciones

Según se puede observar en los datos de la EPSAR, el caudal de proyecto de la actual EDAR es de 275 m³/día y el caudal tratado en 2018 fue de 125 m³/día. La población servida es de 604 habitantes equivalentes.

Además, la potencia total instalada en la estación depuradora es de 14 kW.

Rendimientos (%) SS: 67 DBO5: 89 DQO: 71

La actual EDAR está compuesta por un pretratamiento que consiste en un desengrasador, un tratamiento biológico basado en el proceso de oxidación total con eliminación de fósforo y no dispone de tratamientos en la línea de fangos.

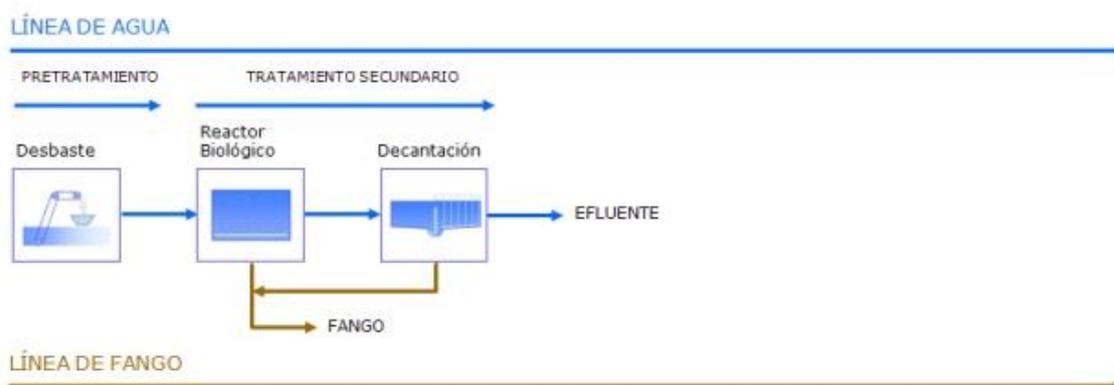


Figura 6.18. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 2D (Fuente: EPSAR).

6.7. EDAR Oliva Nova Sector 5

Estación depuradora perteneciente a la urbanización Oliva Nova.



Figura 6.19. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 5.

6.7.1. Ubicación

Coordenadas UTM (ETRS 89 huso 30)

X:754233 Y: 4309717 Z: 2



Figura 6.20. Plano situación de la EDAR Oliva Nova Sector 5.

6.7.2. Gestión y administración

La EDAR Oliva Nova Sector 5 pertenece a la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR). La empresa explotadora es GLOBAL OMNIUM MEDIO AMBIENTE y la asistencia técnica es proporcionada por la empresa LABORATORIOS TECNOLÓGICOS DE LEVANTE, S.L.

6.7.3. Instalaciones

Según se puede observar en los datos de la EPSAR, el caudal de proyecto de la actual EDAR es de 275 m³/día y el caudal tratado en 2018 fue de 125 m³/día. La población servida es de 236 habitantes equivalentes.

Además, la potencia total instalada en la estación depuradora es de 15 kW.

Rendimientos (%) SS: 41 DBO5: 84 DQO: 64

La actual EDAR está compuesta por un pretratamiento que consiste en una reja de gruesos (desbaste) y un desengrasador, un tratamiento biológico basado en el proceso de oxidación total con eliminación de fósforo y no dispone de tratamientos en la línea de fangos.

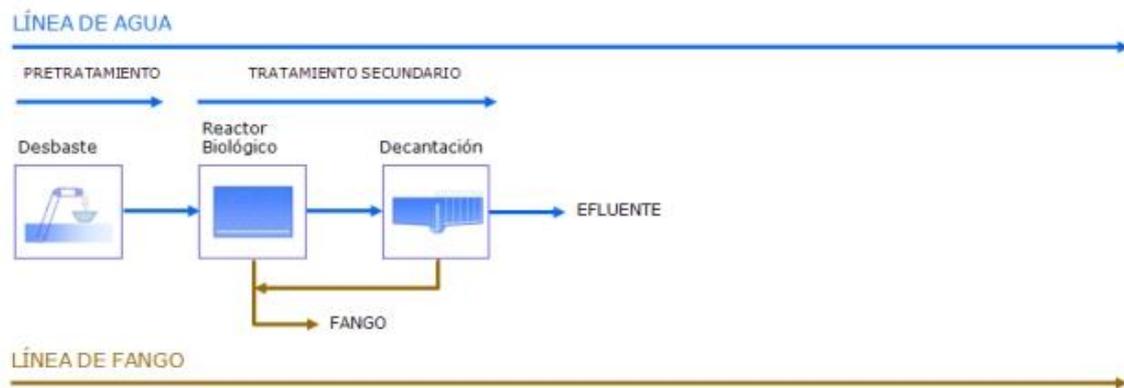


Figura 6.21. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 5 (Fuente: EPSAR).

6.8. EDAR Oliva Nova Sector 6

Estación depuradora perteneciente a la urbanización Oliva Nova.



Figura 6.22. Imagen de la EDAR Oliva Nova Sector 6.

6.8.1. Ubicación

Coordenadas UTM (ETRS 89 huso 30)

X:754685 Y: 4309257 Z: 2



Figura 6.23. Plano situación de la EDAR Oliva Nova Sector 6.

6.8.2. Gestión y administración

La EDAR Oliva Nova Sector 6 pertenece a la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR). La empresa explotadora es GLOBAL OMNIUM MEDIO AMBIENTE y la asistencia técnica es proporcionada por la empresa LABORATORIOS TECNOLÓGICOS DE LEVANTE, S.L.

6.8.3. Instalaciones

Según se puede observar en los datos de la EPSAR, el caudal de proyecto de la actual EDAR es de 275 m³/día y el caudal tratado en 2018 fue de 125 m³/día. La población servida es de 851 habitantes equivalentes.

Además, la potencia total instalada en la estación depuradora es de 15 kW.

Rendimientos (%) SS: 80 DBO5: 99 DQO: 90

La actual EDAR está compuesta por un pretratamiento que consiste en una reja de gruesos (desbaste) y un desengrasador, un tratamiento biológico basado en el proceso de oxidación total con eliminación de fósforo y no dispone de tratamientos en la línea de fangos.

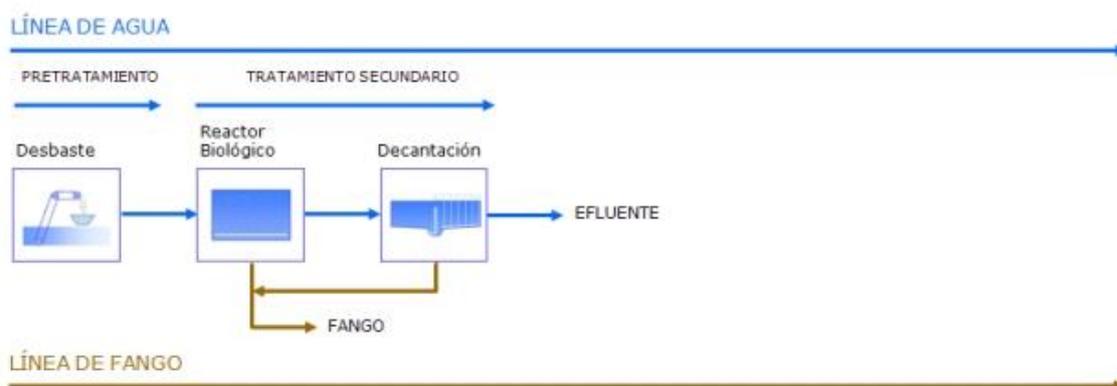


Figura 6.24. Esquema de la EDAR Oliva Nova Sector 6 (Fuentes: EPSAR).

6.9. EDAR Camping San Fernando

La EDAR del camping San Fernando asume los vertidos de la zona sur del término municipal, a excepción de la urbanización Oliva Nova.



Figura 6.25. Imagen de la EDAR Camping San Fernando.

6.9.1. Ubicación

Coordenadas UTM (ETRS 89 huso 30)

X:756148 Y: 4308561 Z: 2



Figura 6.26. Plano situación de la EDAR Camping San Fernando.

6.9.2. Gestión y administración

La EDAR Camping San Fernando pertenece a la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR). La empresa explotadora es GLOBAL OMNIUM MEDIO AMBIENTE y la asistencia técnica es proporcionada por la empresa LABORATORIOS TECNOLÓGICOS DE LEVANTE, S.L.

6.9.3. Instalaciones

Según se puede observar en los datos de la EPSAR, el caudal de proyecto de la actual EDAR es de 628 m³/día y el caudal tratado en 2016 fue de 420.81 m³/día. La población servida es de 1.116 habitantes equivalentes.

Además, la potencia total instalada en la estación depuradora es de 49 kW.

Rendimientos (%) SS: 92 DBO5: 95 DQO: 92

La actual EDAR está compuesta por un pretratamiento que consiste en un desbaste, un tratamiento biológico basado en el proceso de oxidación total con eliminación de fósforo y una línea de fangos que consiste en eras de secado.

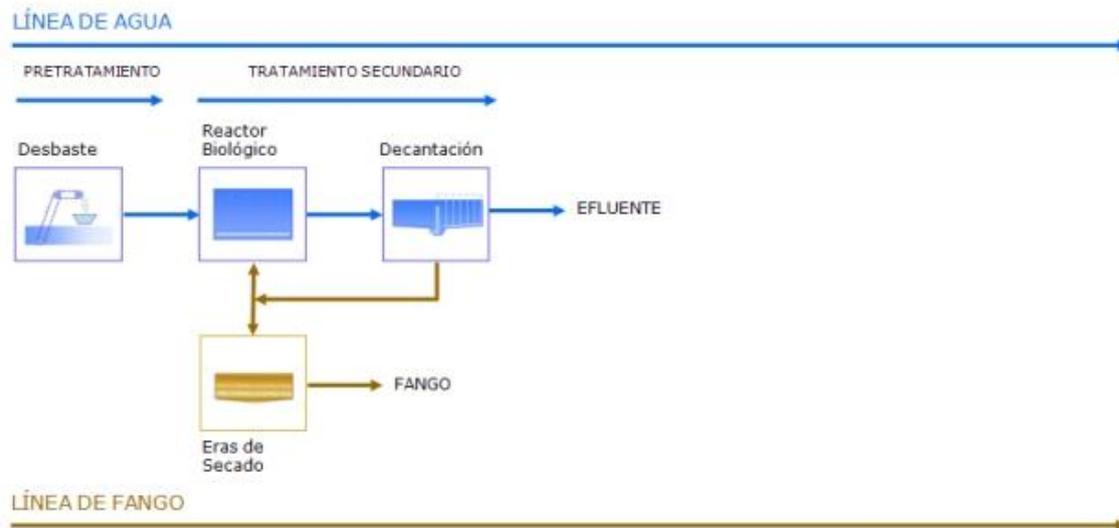


Figura 6.27. Esquema de la EDAR Camping San Fernando (Fuente: EPSAR).

7. PLANTEAMIENTO Y SIMULACIÓN DE ALTERNATIVAS

7.1. Datos de partida

A continuación, se recopila la información a emplear como datos de entrada y los cálculos necesarios para proceder con el dimensionamiento de la EDAR de Oliva.

Para la correcta realización del diseño de una EDAR es imprescindible conocer las características de las aguas residuales a tratar. Cabe destacar que, no solo se requiere conocer las concentraciones de los contaminantes sino también la fracción soluble de cada uno de los componentes.

Las características generales de las aguas residuales a tratar en la EDAR de estudio se observan en la Tabla 7.1.

Parámetros	Invierno	Verano
Caudal (m ³ /d)	15000	10000
DBO(mg/l)	250	350
DQO (mg/l)	600	790
SS (mg/l)	260	350
N (mg/l)	50	55
P (mg/l)	8	10
Temperatura (°C)	15	25

Tabla 7.1. Características generales de las aguas residuales de la EDAR.

Como se puede observar en la tabla anterior, en invierno existe un mayor caudal que en verano y una menor contaminación de las aguas que se debe principalmente por infiltraciones de agua de mar.

Para la correcta introducción de la caracterización del agua en el programa DESASS se han tomado una serie de hipótesis realizadas en función de la procedencia del agua a tratar (aguas residuales urbanas en este caso) y se resumen en la Tabla 7.2.

Hipótesis	
DBO5/DBO lim	0.515
% DQO sol	37
% DBO sol	39
% N Sol	75
% P sol	70
% SSV	80
Acético (mg/l)	30

Tabla 7.2. Hipótesis tomadas en la caracterización.

Además, el resultado de los componentes principales se observa en la Tabla 7.3 y se han obtenido a partir de las siguientes expresiones:

$$X_S = DQO_T - S_i - S_F - S_A - X_i$$

$$X_I = DQO_T - DBO_T - S_i$$

$$S_I = DQO_{sol} - DBO_{sol}$$

$$S_F = DQO_{sol} - S_i - S_A$$

Componente	Invierno	Verano
S_F (mg/l)	159.320	235.049
S_A (mg/l)	30	30
S_I (mg/l)	32.680	27.251
S_{NH_4} (mg N/l)	32.394	33.926
S_{PO_4} (mg P/l)	4.803	5.825
X_S (mg/l)	296.117	414.563
X_I (mg/l)	81.88	83.14
X_{NV} (mg SSNV/l)	52.00	70.00

Tabla 7.3. Componentes del agua de entrada.

A partir de los porcentajes solubles de los diferentes componentes del agua, se obtienen las constantes estequiométricas o factores de conversión. Estos factores se emplean en las ecuaciones de continuidad que se aplican en la matriz estequiométrica del modelo BNRM2 del programa DESASS. Los factores de conversión establecidos son:

Factor	Invierno	Verano
i_{NSF}	0.03	0.03
i_{NSI}	0.01	0.01
i_{NXS}	0.04	0.03
i_{NXI}	0.025	0.022
i_{PSF}	0.005	0.005
i_{PSI}	0	0
i_{PXS}	0.007	0.007
i_{PXI}	0.005	0.005
i_{Sstxs}	0.55	0.56
i_{Sstxi}	0.55	0.56

Tabla 7.4. Factores de conversión.

Por lo que, como conclusión, la caracterización del agua quedaría definida de la siguiente manera:

Caracterización			
Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Caudal (m^3 /dia)	15000	Sólidos suspendidos (mg/l)	260
Temperatura invierno ($^{\circ}C$)	15	SS volátiles (mg/l)	208
Temperatura verano ($^{\circ}C$)	10000	SS no volátiles (mg/l)	52
DQO (mg/l)	600	N_T (mg/l)	50
DQO soluble (mg/l)	222	N_T soluble (mg/l)	37.5
DQO suspendida (mg/l)	378	N_T suspendido (mg/l)	13.8
DBO_5 (mg/l)	250	P_T (mg/l)	8
DBO_{lim} (mg/l)	485.4	P_T soluble (mg/l)	5.6
DBO_{lim} soluble (mg/l)	189.3	P_T suspendido (mg/l)	2.6
DBO_{lim} suspendida (mg/l)	296.1	Acético (mg/l)	30

Figura 7.1. Caracterización del agua residual a tratar.

Como se ha podido observar, los cálculos se han obtenido a partir de las características del agua residual de invierno pese a que el caudal, la carga contaminante y la temperatura sean distintos dependiendo en la estación en la que se encuentre. Esto se debe a que las dimensiones de las distintas alternativas a simular van a estar definidas por la estación de invierno al tratarse un 50% más de caudal respecto al verano. Además, al ser la temperatura más baja, los procesos biológicos son más lentos por lo que se obtendrían mayores dimensiones de los distintos componentes de la EDAR de estudio.

7.2. Esquemas de tratamiento simulados

Como se ha comentado en apartados anteriores, el software empleado en las simulaciones de las alternativas a estudiar en el presente documento es DESASS. Esta es la herramienta que realiza los cálculos, a partir del diseño y los parámetros introducidos por el usuario. DESASS es un simulador de estaciones de tratamiento de aguas que permite simular los principales procesos que tienen lugar en una EDAR como son: decantadores primarios y secundarios, reactores de fangos activados, espesadores, reactores biológicos de membrana aerobios y anaerobios, digestores de fango aerobios y anaerobios y sistemas de deshidratación de fangos.

A partir de las características del agua residual y de los criterios de diseño introducidos por el usuario el programa calcula las características del efluente junto con las dimensiones de los distintos elementos. Para cada alternativa se han realizado numerosas simulaciones variando los principales criterios de diseño (tiempo de retención celular, tiempo de retención hidráulico, caudales de recirculación, porcentaje de volumen anóxico...) hasta encontrar el diseño óptimo.

Cabe destacar que el programa DESASS no permite calcular el diseño del pretratamiento y la desinfección, pero al ser común para las tres alternativas, se ha obtenido en el apartado 11 del presente documento una vez definida la alternativa a desarrollar.

7.2.1. Alternativa 1: Proceso convencional con digestión aerobia

El primer esquema a simular consiste en un tratamiento biológico mediante un proceso convencional con eliminación de nitrógeno por vía biológica, eliminación de fósforo por precipitación química y digestión aerobia de fangos.

Se ha optado por una digestión aerobia ya que la digestión anaerobia suele emplearse en EDARs de gran tamaño con grandes caudales a tratar.

La línea de aguas está compuesta por un decantador primario que permite la eliminación de los sólidos suspendidos, a continuación, pasa al reactor biológico para finalizar con una decantación secundaria.

En la línea de fangos los fangos generados en la línea de aguas se estabilizan en un digestor aerobio. Tras la estabilización del fango se realiza un bombeo del fango digerido al espesador para finalizar en un proceso de deshidratación de los fangos.

Además, el sobrenadante del espesador y el agua extraída en el proceso de deshidratación se reintroducen en la línea de aguas.

En la Figura 7.2 se observa la ventana principal del programa DESASS con el esquema del tratamiento simulado en esta alternativa. Se ha utilizado un reactor biológico en flujo en pistón para la eliminación conjunta de materia orgánica y de nitrógeno, por lo que para simular esta

tipología de reactor en DESASS se ha utilizado una sucesión de tanque de mezcla completa. Por lo que se compone por un primer tanque anóxico, donde se va a producir el crecimiento de bacterias heterótrofas, que se encargan de la desnitrificación, y otros tres tanques aerobios donde se produce la eliminación de la materia orgánica restante y del amonio por parte de las bacterias autótrofas.

Además, se añade al sistema una recirculación interna que permite llevar el agua desde el último tanque aerobio hasta el primer tanque anóxico, lo que permite aumentar la desnitrificación.

Como reactivo se ha empleado el cloruro férrico en las tres alternativas simuladas y la dosis será la necesaria en cada caso para eliminar el fósforo de manera que se cumpla la Directiva 91/271/CEE, que establece el límite de vertido de fósforo en zonas sensibles menor a 2 mg/l. Por último, el reactivo se ha añadido en la zona aerobia del reactor biológico con el fin de conseguir una buena mezcla debido a las turbulencias que se generan al airear el sistema.

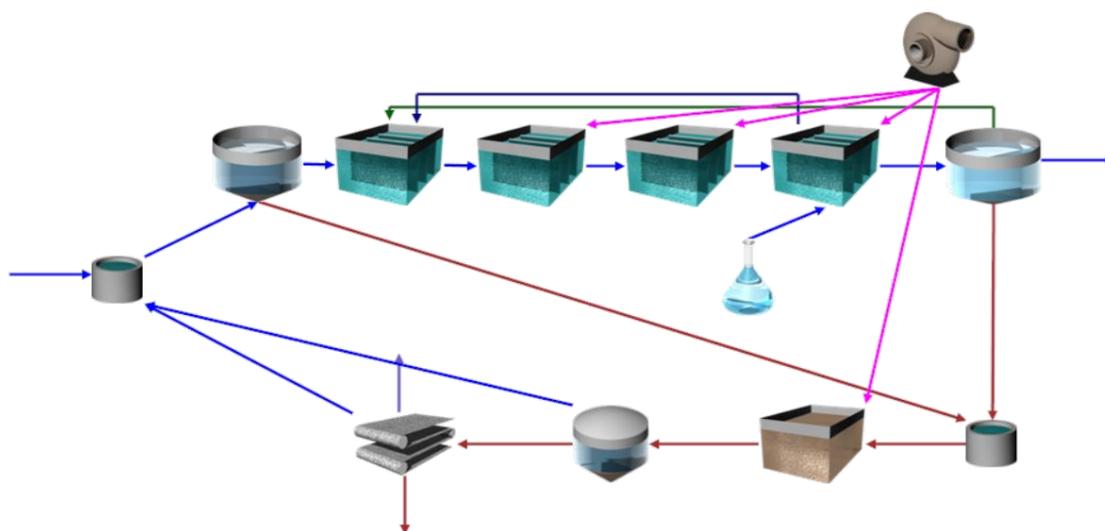


Figura 7.2. Esquema de Proceso Convencional con digestión aerobia.

7.2.2. Alternativa 2: Proceso de oxidación total

El método de oxidación total consiste en una simplificación del esquema anterior. Se aumenta el tiempo de permanencia de los microorganismos en el reactor de forma que el fango purgado está estabilizado. De esta forma se elimina el decantador primario en la línea de aguas y la digestión aerobia en la línea de fangos. La eliminación de nitrógeno se realiza por vía biológica y la eliminación de fósforo se realiza mediante precipitación química, de igual forma que en la alternativa anterior.

Por lo tanto, la línea de aguas se compone únicamente de un reactor biológico y el proceso de decantación secundaria, y la línea de fangos está formada por el espesador y la deshidratación.

Este proceso requiere de un gran volumen del reactor biológico para evitar el gran aumento de concentración de sólidos suspendidos en el reactor que provoca el elevado tiempo de retención celular. En cambio, el fango producido tras el proceso queda estabilizado permitiendo, como se puede observar en la Figura 7.3, la eliminación de una digestión posterior.

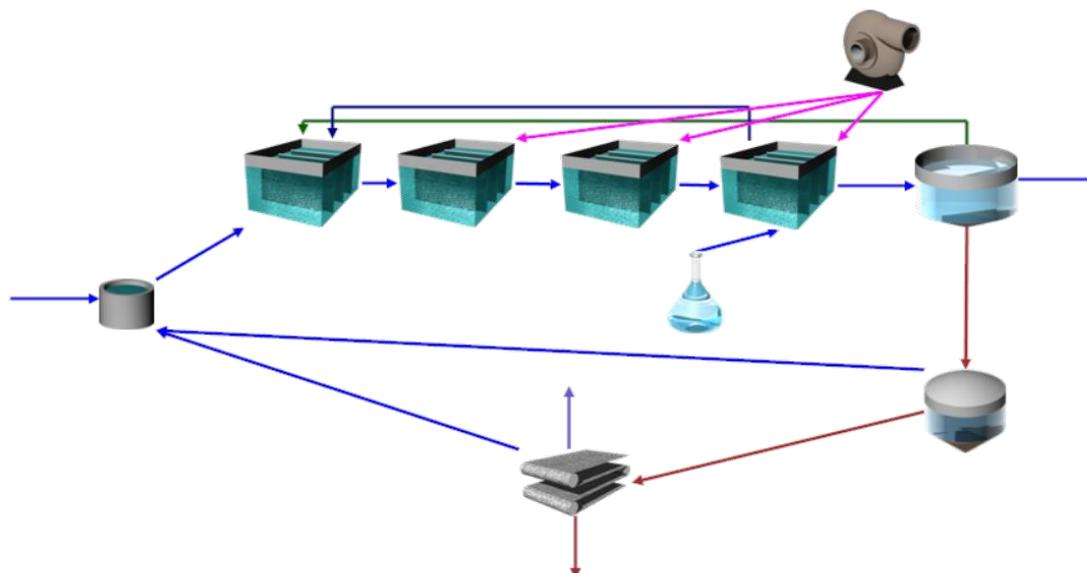


Figura 7.3. Esquema de Oxidación Total.

7.2.3. Alternativa 3: Reactor anaerobio de membranas + Oxidación total.

Tal y como se comentó en la introducción los reactores anaerobios de membranas (AnRBM) permiten combinar las ventajas de los procesos anaerobios de tratamiento (no hay consumo de energía en aireación, se produce biogás que puede ser transformado en energía eléctrica, menor producción de fangos) y de los procesos de membrana (efluente de elevada calidad exento de sólidos suspendidos y microorganismos patógenos).

Este esquema produce agua con excedente calidad, ideal para su reutilización para riego. Existe una extensa superficie agrícola en la zona cercana a la nueva ubicación de la EDAR por lo que se podría emplear el agua de la depuradora para el riego de esos campos de cultivo. Esto supondría un gran beneficio sobre todo en épocas de sequía en las que el agua para riego escasee. Además, en el proceso anaerobio no se eliminan nutrientes por lo que la reutilización del agua depurada para riego supone una ventaja adicional al reducir el consumo de fertilizantes en los campos de cultivo en los que se emplee el agua tratada.

El hecho de que el reactor AnMBR no elimine nutrientes es un inconveniente en aquellas épocas del año en las que no se reutilice el agua residual tratada para riego. El efluente presenta elevadas concentraciones de nitrógeno y fósforo cuyo vertido tendría un importante efecto sobre el medio receptor. Por este motivo esta alternativa se completa con un proceso de oxidación total que permita la eliminación de nutrientes del efluente del reactor AnMBR cuando no se vaya a reutilizar el agua para riego.

La EDAR dispondrá de 2 líneas de tratamiento (línea AnRBM y línea convencional) de forma que una parte del agua afluente se tratará en la línea ANRBM cuyo efluente se podrá reutilizar para riego y el resto se tratará en la línea de oxidación total. Por simulación se ha estimado que para disponer en la línea de oxidación total de la materia orgánica suficiente para la eliminación de nitrógeno se requiere que al menos el 40% del agua afluente se trate en esta línea.

El dimensionamiento de la línea de oxidación total se ha realizado para tratar el 40% del agua afluyente junto con el permeado obtenido en la línea AnMBR. Cuando el permeado se reutilice para riego disminuirá el caudal tratado y la carga contaminante y el proceso podrá funcionar correctamente. Para el cálculo de los costes de operación (energía consumida por el sistema de aireación, reactivos necesarios para precipitar el fósforo) se ha simulado el funcionamiento de la EDAR asumiendo la reutilización del efluente de la línea AnMBR.

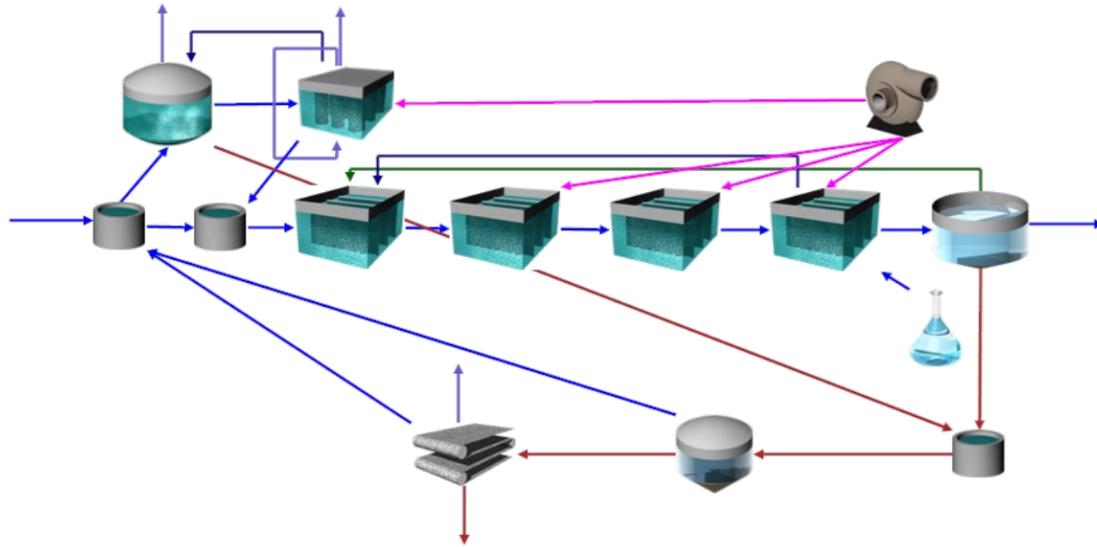


Figura 7.4. Esquema de Método de Membranas.

8. RESULTADOS DE LAS ALTERNATIVAS

En este apartado se muestran los resultados obtenidos en las simulaciones para cada una de las alternativas empleadas en el estudio.

Además, en el apartado 2.1, se han descrito los requisitos de vertido según la normativa, los cuales se vuelven a citar a modo de recordatorio:

- DQO < 125 mg/l
- DBO₅ < 25 mg/l
- SS < 35 mg/l
- NT < 15 mg/l
- PT < 2 mg/l

8.1. Alternativa 1: Proceso convencional con digestión aerobia

La primera alternativa simulada consiste en el proceso convencional con digestión aerobia de fangos que como se ha comentado en el apartado anterior requiere de un decantador primario y un digester del fango.

La incorporación del tratamiento primario permite una disminución del TRC necesario para el tratamiento biológico del agua residual urbana, lo que implica una reducción del volumen del reactor biológico.

En concreto, tras la simulación del esquema en el programa DESASS se ha obtenido un TRC de 9 días para conseguir la correcta eliminación de nitrógeno, y un volumen de 5 000 m³. Ese volumen se ha repartido en un 25% anóxico, siendo el 75% restante aerobio con el fin de simular un flujo en pistón.

Los parámetros obtenidos en el efluente cumplen de forma holgada los requisitos de vertido que indica la normativa como se puede observar en la Tabla 8.1. En concreto, se observa que para el caso del Fósforo, se ha optimizado la dosificación de reactivos para cumplir con la limitación de vertido y reducir el coste de reactivos. Durante la operación se modificará el caudal de cloruro férrico adicionado en función de la carga de fósforo que llegue a la EDAR.

Parámetro	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	SS (mg/l)	N _T (mg N/l)	P _T (mg P/l)
Concentración	50.16	7.73	17.55	8.47	1.97

Tabla 8.1. Concentración de parámetros en el efluente del método convencional.

En el caso de la línea de fangos, tras la digestión aerobia necesaria para estabilizar los fangos, se obtienen valores inferiores al 35% de %SSVB, como se pueden observar en la siguiente tabla.

Parámetro	Caudal (m ³ /d)	%SSV	%SSVB	SS (mg/l)
Valor	237.11	64.6	61.6	6259.1

Tabla 8.2. Características del fango producido en el método convencional.

En la Tabla 8.3, se resume el dimensionamiento de las diferentes instalaciones que componen el esquema simulado, así como los valores característicos obtenidos para el proceso convencional con digestión aerobia.

Proceso convencional	
Reactor biológico	
Volumen reactor (m ³)	5000
Volumen anóxico (%)	25
Volumen aerobio (%)	75
TRC (días)	9
SS reactor (mg SST/l)	3146.71
Caudal recirculación interna (m ³ /d)	45678.9
Dosificación cloruro férrico (kg/d)	310
Difusores (ud.)	256
Decantación primaria	
Unidades (ud.)	2
Diámetro (m)	19.1
Calado (m)	3.5
Concentración de fangos producidos (kg SS/m ³)	11.91
TRH (d)	2
Caudal purga (m ³ /d)	231.86
Decantación secundaria	
Unidades (ud.)	2
Diámetro (m)	22.6
Carga hidráulica (m ³ /m ² /h)	0.8
Carga sólidos (kg SST/m ² /h)	2.5
TRH (h)	3
Caudal recirculación externa (m ³ /d)	0.97
Caudal purga (m ³ /d)	237.11
Digestor aerobio	
Unidades (ud.)	1
Volumen (m ³)	8910
TRH (d)	19
Difusores (ud.)	1764
Espesador	
Unidades (ud.)	1
Diámetro (m)	10.93
Tiempo de retención (h)	12
Carga sólidos (kg SS/m ² /h)	2.9
Concentración de fangos producidos (kg SS/m ³)	12.22
Caudal purga (m ³ /d)	234.49

Tabla 8.3. Resultados del método convencional.

8.2. Alternativa 2: Oxidación total

Este método, como se ha comentado en apartados anteriores, carece de un tratamiento primario eliminando así el decantador primario del esquema. Por lo tanto, se requieren de TRC mucho más elevados que el proceso anterior para poder estabilizar el fango en el reactor biológico. En concreto el TRC necesario ha sido de 25 días.

Respecto al volumen, al requerir TRC tan elevados se requiere a su vez volúmenes bastante más grandes que el método anterior. En esta alternativa como resultado de las simulaciones se ha obtenido un volumen de 22 000 m³. Este volumen es superior a la suma de los volúmenes de los decantadores primarios, reactor biológico y digestor aerobio de la alternativa convencional.

El reactor biològic se ha tenido que dividir en una parte anòxica que consistiría en el 25% del volumen total, y el 75% restante quedaría como reactor aerobio.

Los resultados que se han obtenido en el efluente de salida del esquema simulado, al igual que sucede con el método anterior, cumplen con los requisitos de vertido de forma holgada como se puede observar en la Tabla 8.4.

Parámetro	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	SS (mg/l)	N _T (mg N/l)	P _T (mg P/l)
Concentración	47.29	4.02	15.08	8.28	1.77

Tabla 8.4. Concentración de parámetros en el efluente del método de oxidación total.

Respecto a la línea de fangos, mediante el método de oxidación total, se obtienen fangos estabilizados a la salida del decantador secundario ya que se llegan a niveles de SSVB inferiores al 35% (ver Tabla 8.5) eliminando así la necesidad de disponer de un digestor aerobio como en el caso del método convencional.

Parámetro	Caudal (m ³ /d)	%SSV	%SSVB	SS (mg/l)
Valor	411.36	60	34.9	7218.9

Tabla 8.5. Características del fango producido en el método de oxidación total.

Por último, los valores característicos obtenidos y el dimensionamiento de las principales instalaciones del esquema de oxidación total se resumen en la siguiente tabla:

Oxidación total	
Reactor biológico	
Volumen reactor (m ³)	22000
Volumen anòxico (%)	20
Volumen aerobio (%)	80
TRC (días)	25
SS reactor (mg SST/l)	3627.03
Caudal recirculación interna (m ³ /d)	46202.4
Dosificación cloruro férrico (kg/d)	600
Difusores (ud.)	1190
Decantación secundaria	
Unidades (ud.)	2
Diámetro (m)	28.7
Carga hidráulica (m ³ /m ² /h)	0.5
Carga sólidos (kg SST/m ² /h)	1.8
TRH (d)	4
Caudal recirculación externa (m ³ /d)	0.95
Caudal purga (m ³ /d)	411.36
Espesador	
Unidades (ud.)	1
Diámetro (m)	10.6
Tiempo de retención (h)	12
Carga sólidos (kg SS/m ² /h)	1.4
Concentración de fangos producidos (kg SS/m ³)	14.39
Caudal purga (m ³ /d)	205.682

Tabla 8.6. Resultados del método de Oxidación total.

8.3. Alternativa 3: Reactor AnRBM y proceso de oxidación total

El último esquema de tratamiento simulado consiste en dos líneas de tratamiento diferentes, un reactor anaerobio de membranas y un proceso de oxidación total. Tal y como se comentó anteriormente, se ha planteado una distribución en la que el 60% del agua residual urbana a tratar se envía al proceso ANRBM y el 40% restante al proceso de oxidación total.

Utilizando esta distribución, se consigue que el agua tratada mediante el proceso anaerobio de membranas pueda ser utilizada para riego y el resto cumpla con las condiciones de vertido como se ha comentado en apartados anteriores. Además, se requiere de este tipo de distribución ya que cuando no se envíe el agua para riego (periodos en los que existe suficiente capacidad hídrica) se reintroducirá el agua tratada al proceso de oxidación total. El método de oxidación total necesita materia orgánica para la eliminación de nitrógeno por lo que si se enviara el 100% del agua a tratar por el método de membranas se eliminaría la totalidad de la materia orgánica impidiendo el buen funcionamiento del esquema.

Puesto que como se ha comentado, en ocasiones el agua tratada por el proceso de membranas se introducirá en el proceso de oxidación total, se han simulado 2 esquemas de tratamiento. El primero con dos efluentes de salida diferentes y el segundo con uno único al finalizar el proceso de OT. De todos modos, el dimensionamiento se ha realizado considerando un único efluente con el fin de dimensionar las instalaciones con el máximo caudal que pueden llegar a tratar.

Por lo que, mediante la simulación del esquema combinado en DESASS se ha obtenido un volumen del reactor biológico empleado en la parte correspondiente a OT de 5 000 m³, distribuyéndose en un 25% del volumen total en un proceso anóxico y el 75% restante aerobio.

En la Tabla 8.7 y Tabla 8.8 se observan las concentraciones de los parámetros del efluente para la salida a riego y para el vertido conjunto. Se puede observar como en el caso del efluente para riego, se obtienen valores de nitrógeno y fósforo elevados que servirían como fertilizante en la agricultura como se ha comentado en apartados anteriores.

Cabe destacar que en el caso de los SS se observan diferencias considerables entre los dos métodos evidenciando que en el caso del proceso de membranas se elimina casi la totalidad de sólidos suspendidos (se ha obtenido un valor de 1 mg/l), por lo que se considera que el agua obtenida es de muy buena calidad.

En cuanto a los valores del efluente del sistema de oxidación total, cumple con los requisitos de vertido que especifica la normativa como en el resto de los casos.

Parámetro	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	SS (mg/l)	N _T (mg N/l)	P _T (mg P/l)
Concentración	116.34	11.32	1	46.5	7.04

Tabla 8.7. Concentración de parámetros en el efluente del método de membranas (Riego).

Parámetro	DQO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	SS (mg/l)	N _T (mg N/l)	P _T (mg P/l)
Concentración	51.03	7.7	17.49	8.41	1.96

Tabla 8.8. Concentración de parámetros en el efluente del método de membranas (Vertido con introducción de permeado).

Respecto a la línea de fangos, se consigue la estabilización de fangos llegando a un valor de %SSVB inferior al 35% como se observa en la Tabla 8.9.

Parámetro	Caudal (m ³ /d)	%SSV	%SSVB	SS (mg/l)
Valor	194.11	66.1	34.7	6561.1

Tabla 8.9. Características del fango producido en el método de membranas.

Por último, en la siguiente figura se pueden observar los parámetros característicos y el dimensionamiento de los elementos que componen el esquema combinado de reactor de membranas anaerobias y oxidación total.

Método de Membranas	
Reactor biológico	
Volumen reactor (m ³)	5000
Volumen anóxico (%)	25
Volumen aerobio (%)	75
TRC (días)	12
SS reactor (mg SST/l)	3513.71
Caudal recirculación interna (m ³ /d)	45488.9
Dosificación cloruro férrico (kg/d)	185
Difusores (ud.)	256
Decantación secundaria	
Unidades (ud.)	2
Diámetro (m)	23.8
Carga hidráulica (m ³ /m ² /h)	0.8
Carga sólidos (kg SST/m ² /h)	2.5
TRH (d)	3
Caudal recirculación externa (m ³ /d)	0.977
Caudal purga (m ³ /d)	171.99
Espesador	
Unidades (ud.)	1
Diámetro (m)	8.6
Tiempo de retención (h)	12
Carga sólidos (kg SS/m ² /h)	2.9
Concentración de fangos producidos (kg SS/m ³)	16.39
Caudal purga (m ³ /d)	144.26
Reactor anaerobio	
Unidades (ud.)	1
Volumen (m ³)	8250
Caudal de recirculación (m ³ /d)	5
TRC (días)	65
Biogás generado	
Caudal (m ³ /d)	699.78
Metano (%)	75.08

Tabla 8.10. Resultados del método de membranas.

9. CÁLCULOS ECONÓMICOS

Los principales costes económicos de una estación depuradora de aguas residuales o EDAR se dividen en costes de operación y costes de construcción. En este apartado se han evaluado los costes diferenciales entre las distintas alternativas obteniéndose los costes anualizados de cada una (asumiendo un periodo de amortización de 20 años) para poder realizar una comparativa entre ellos.

9.1. Costes de operación

Dentro de los costes de operación o explotación destacan las partidas de coste de personal, coste de reactivos y coste de energía. Se asume que el coste de personal será el mismo en todas las alternativas por lo que se han estimado únicamente los costes de reactivos y costes de energía de la planta.

9.1.1. Coste de reactivos

En el cálculo de los costes de reactivos se han tenido en cuenta el coste del cloruro férrico que se emplea en la precipitación química del fósforo y el coste del polielectrolito empleado en la deshidratación de los fangos.

9.1.1.1. Cloruro férrico

El coste anual del cloruro férrico se ha obtenido a partir de la concentración y el coste proporcionado por el fabricante, por lo que los resultados se pueden observar en la siguiente tabla.

Cloruro Férrico			
Alternativa	Convencional	Oxidación T.	Membranas
Caudal (m ³ /dia)	0.62	1.2	0.37
Coste (€/tn)	200		
Concentración (mg/l)	500000		
Coste anual (€/año)	22 630.00 €	43 800.00 €	13 505.00 €

Tabla 9.1. Coste anual de cloruro férrico para cada alternativa.

Como se observa en la Figura 9.1, la alternativa que presenta un mayor coste de cloruro férrico es el método de oxidación total. El elevado tiempo de retención celular provoca una mayor hidrólisis del fósforo suspendido por lo que se incrementa la cantidad de cloruro férrico necesaria. La alternativa del reactor AnRBM es la que menor coste presenta porque el 60% del fósforo afluente se reutiliza como fertilizantes sin ser necesaria su eliminación.

Cloruro Férrico

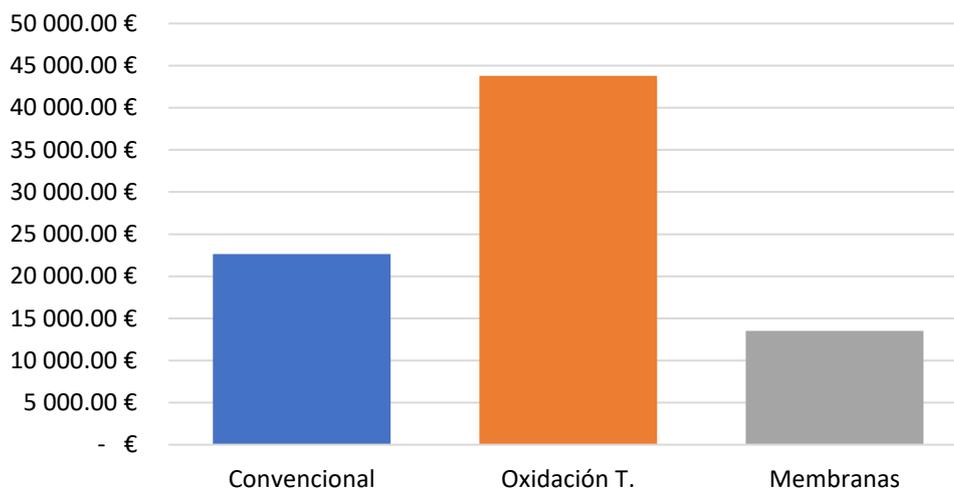


Figura 9.1. Gráfico comparativo de los costes anuales de cloruro férrico para cada alternativa.

9.1.1.2. Polielectrolito

Se ha obtenido el coste del polielectrolito necesario en la deshidratación del fango de cada alternativa teniendo en cuenta que se requiere de 6 kg de reactivo por tonelada de fango, como se puede ver en la Tabla 9.2.

Alternativa	Polielectrolito		
	Convencional	Oxidación T.	Membranas
Fango seco diario (kg)	2866.38	2960.25	2364.91
Cantidad necesaria (kg/tn)	6		
Coste PE (€/tn)	2450		
Coste anual (€/año)	15 379.59 €	15 883.24 €	12 688.92 €

Tabla 9.2. Coste anual de polielectrolito para cada alternativa.

Observando el gráfico comparativo del coste de polielectrolito de cada alternativa (ver Figura 9.2) se puede decir que no existen grandes diferencias respecto a la cantidad de reactivo a emplear en cada alternativa.

Polielectrolito

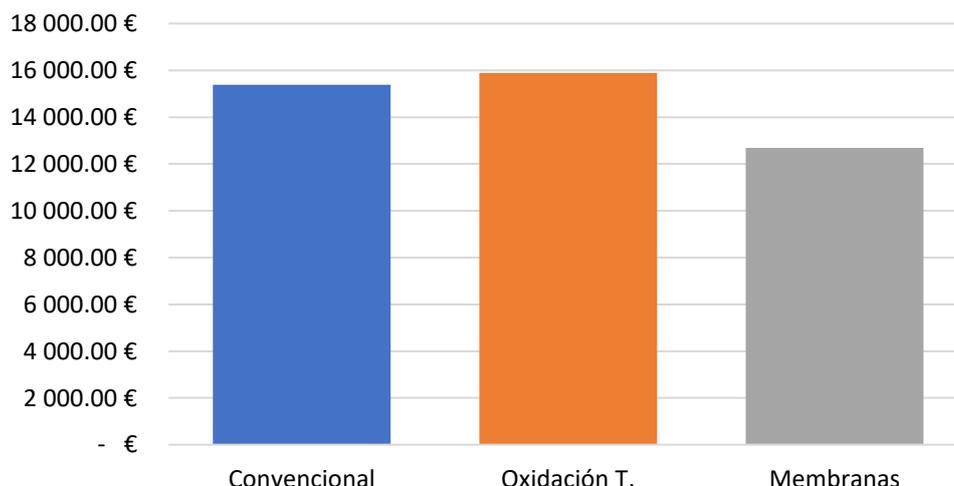


Figura 9.2. Gráfico comparativo de los costes anuales de polielectrolito para cada alternativa.

9.1.2. Costes energéticos

Se ha obtenido una estimación del coste energético anual en los principales procesos de las alternativas comparadas. Estos procesos consisten en la aireación de los procesos biológicos aerobios, los sistemas de agitación (reactores no aireados y tanques de membranas), los bombeos y el ahorro energético que produce el aprovechamiento del metano.

Estos costes energéticos se han obtenido a partir del precio medio diario de la tarifa de luz correspondiente al día 1 de septiembre de 2021, que consiste en 0.2193 €/ kWh

9.1.2.1. Aireación

Se ha obtenido el coste energético producido por la aireación de las soplantes a partir del consumo que proporciona el programa DESASS gracias a los modelos de soplantes que dispone en la propia base de datos del programa. Los costes anuales para cada alternativa obtenidos en las simulaciones se muestran en la siguiente tabla.

Alternativa	Aireación		
	Convencional	Oxidación T.	Membranas
Consumo/día (kWh/día)	3288.2	3204.3	1303
Coste (€/día)	721.10	702.70	285.75
Coste anual (€/año)	263 202.32 €	256 486.59 €	104 297.98 €

Tabla 9.3. Coste energético anual de aireación para cada alternativa.

Como se puede observar en la Figura 9.3, existe una gran diferencia entre el coste energético de la alternativa AnRBM respecto a las otras dos alternativas. En esta alternativa el 60% de la materia orgánica se elimina con un tratamiento anaerobio (sin aporte de oxígeno) y el 60% del amonio se reutiliza directamente para riego sin que sea oxidado a nitrato. Las alternativas del proceso convencional con digestión aerobia y de oxidación total presentan consumos similares porque en ambas alternativas tanto la degradación de la materia orgánica como la estabilización del fango se realiza en condiciones aerobias.

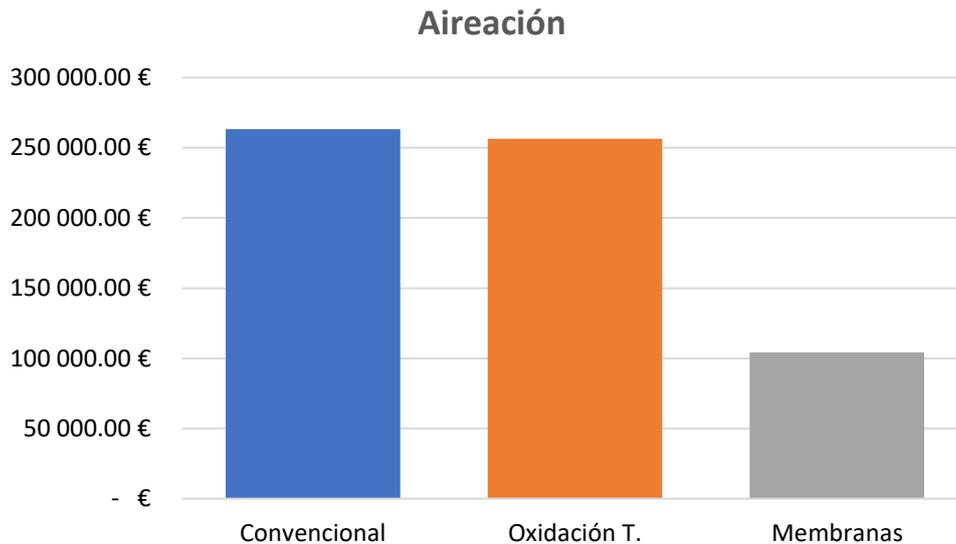


Figura 9.3. Gráfico comparativo de los costes energéticos anuales de aireación para cada alternativa.

9.1.2.2. Agitación

Los tanques anóxicos que forman parte del tratamiento biológico de las distintas alternativas requieren de agitadores que mantengan en movimiento el agua residual urbana a tratar e impidan la sedimentación de los sólidos en suspensión. Los tanques aireados, no requieren de agitadores ya que se produce la agitación mediante las burbujas de aire introducidas por los difusores distribuidos por el tanque.

La potencia de agitación necesaria se ha estimado en 10 W/m^3 . Con la estimación se obtienen los siguientes valores para el coste anual de los sistemas de agitación:

Alternativa	Agitación		
	Convencional	Oxidación T.	Membranas
Potencia (W/m^3)	10		
Volumen Anoxico (m^3)	1250	4400	1250
Potencia (kWh/h)	12.5	44	12.5
Coste (€/dia)	65.79	231.58	65.79
Coste anual (€/año)	24 013.35 €	84 526.99 €	24 013.35 €

Tabla 9.4. Coste energético anual de agitación para cada alternativa.

Como se observa en la Figura 9.4, el método de oxidación total sería la alternativa con un mayor coste energético de agitación al disponer de un volumen anóxico del reactor mucho mayor al del resto de alternativas.

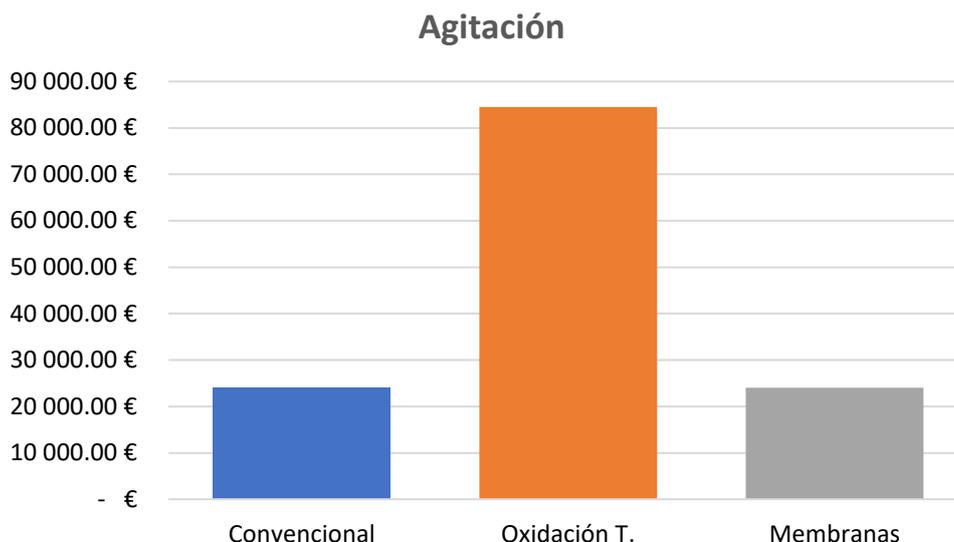


Figura 9.4. Gráfico comparativo de los costes energéticos anuales de agitación para cada alternativa.

Por otro lado, el reactor anaerobio de membranas requiere también de una agitación al no disponer de aireación.

Debido a la mayor concentración de sólidos suspendidos en el reactor anaerobio la energía de agitación requerida para impedir la sedimentación es menor que la que se requiere en el tanque anóxico por lo que la potencia de agitación necesaria se ha estimado en 5 W/m^3 .

Agitación digestor anaerobio	
Potencia (W/m^3)	5
Volumen (m^3)	8250
Potencia (kWh)	41.25
Coste (€/dia)	217.11
Coste anual (€/año)	79 244.06 €

Tabla 9.5. Coste energético anual de agitación del digestor anaerobio para el método de membranas.

Además, para minimizar el ensuciamiento de las membranas se recircula parte del biogás generado manteniendo en movimiento las membranas. Según el fabricante el caudal de gas recirculado debe ser 15 m^3 biogás por cada m^3 de permeado.

Considerando el caudal de gas necesario y una presión de descarga de 4 m.c.a. (la altura del tanque más las pérdidas de carga) y consultando un catálogo de soplantes la potencia consumida será 85 kW. Con lo que se obtiene el siguiente coste:

Agitación membranas	
Caudal gas (m^3 gas/ m^3 permeado)	15
Caudal gas (m^3 gas/h)	5625
Potencia (kW)	85
Potencia (kWh/dia)	2040
Coste anual (€/año)	163 290.78 €

Tabla 9.6. Coste energético anual de agitación de membranas.

Por lo que, como se observa en la Figura 9.5, una vez sumado el coste energético de la agitación del digestor anaerobio el método de membranas sería la alternativa con un mayor coste energético por agitación. El proceso convencional sería la alternativa con un menor coste energético con diferencia, siendo en torno a un 10% del coste de membranas.

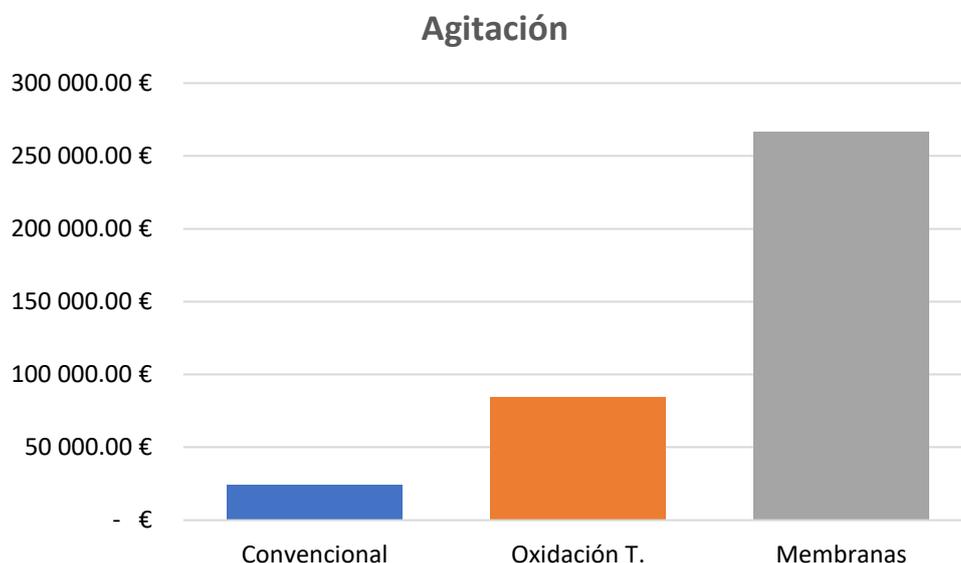


Figura 9.5. Gráfico comparativo de los costes energéticos anuales de agitación para cada alternativa sumando la agitación del digestor anaerobio y la agitación de las membranas.

9.1.2.3. Bombeo

Se ha considerado en el cálculo del coste energético debido a todos los bombeos que se realizan en las distintas fases del proceso de tratamiento de aguas residuales para cada una de las alternativas.

Se han estimado las pérdidas de carga de cada uno de los bombeos a realizar en función de la cota a la que se encuentre el punto de inicio y de fin de cada uno de los bombeos realizados.

En cuanto a la presión transmembrana que debe superar el bombeo de permeado depende directamente del grado de ensuciamiento de las membranas. Se suele asumir que se debe parar la filtración y limpiar las membranas (mediante contralavado o limpieza química) cuando la presión alcanza los 0.5 m.c.a. Por lo que se ha considerado una pérdida de carga de 0.5 m.c.a. para el bombeo de permeado.

Alternativa	Caudal bombeo (m ³ /día)			Δh (m.c.a)
	Convencional	Oxidacion T.	Membranas	
Recirculación interna	45679.06	46202.4	45488.86	0.8
Recirculación de fangos	14752.14	14578.07	14818.98	1.5
Bombeo Fango 1	231.86	-	116.53	2
Bombeo Fango 2	237.11	411.36	171.99	2
Bombeo Fango espesado	234.49	205.68	144.26	2
Bombeo de impulsión	-	-	36553.34	1.5
Bombeo de permeado	-	-	9167.47	0.5

Tabla 9.7. Caudales de bombeo y pérdidas de carga para cada alternativa.

Una vez se conoce el caudal de bombeo y la pérdida de carga de cada uno de ellos, se ha procedido al cálculo del coste energético debido a los bombeos de cada una de las alternativas considerando una densidad del agua a bombear de 1000 kg/m³ y un rendimiento de las bombas del 75%.

Bombeo			
Alternativa	Convencional	Oxidacion T.	Membranas
Caudal (m ³ /dia)	61134.66	61397.51	106461.43
Densidad (kg/m ³)	1000		
Rendimiento (%)	75%		
Potencia (kWh)	9.09	9.08	17.98
Coste (€/dia)	47.82	47.81	94.64
Coste anual (€/año)	17 454.68 €	17 450.25 €	34 543.91 €

Tabla 9.8. Coste energético anual de bombeo para cada alternativa.

Como resultado, en la Figura 9.6 se puede observar que la alternativa con un mayor coste energético debido a bombeos es la combinación del reactor AnRBM con el proceso de oxidación total, mientras que el proceso convencional y el de oxidación total generan el mismo coste. La diferencia se debe en concreto a la introducción del bombeo de impulsión del fango desde el reactor anaerobio al tanque de membranas y al bombeo de filtración por las membranas.

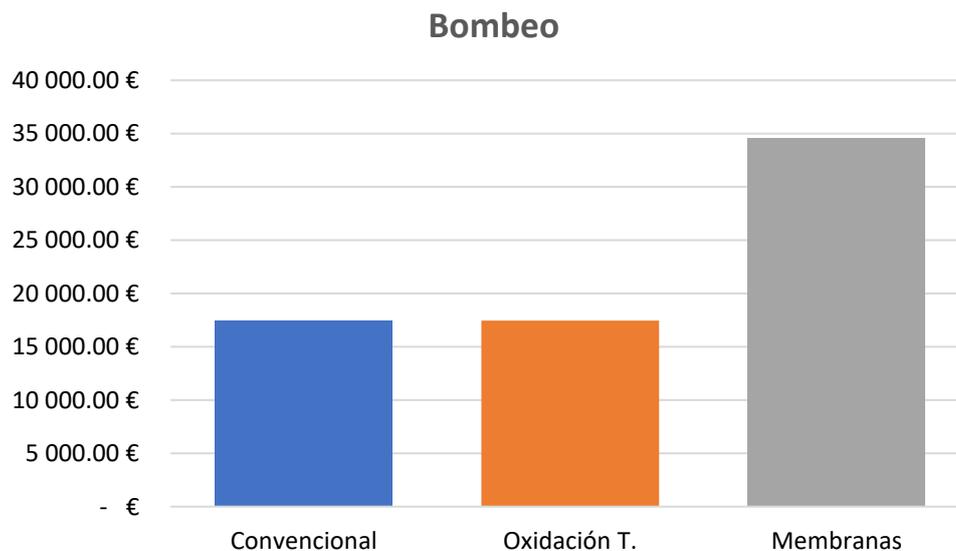


Figura 9.6. Gráfico comparativo de los costes energéticos anuales de bombeo para cada alternativa.

9.1.2.4. Aprovechamiento del metano

Por último, se ha evaluado el ahorro energético que se obtiene mediante el aprovechamiento del metano que se produce en el proceso anaeróbico de membranas. aunque este cálculo se incluya en el apartado de costes, se trataría de un coste negativo o ahorro gracias a la generación de energía producida por el metano.

Para el aprovechamiento energético del metano se utilizará un equipo CHP (*Combined Heat and Power*) que permite transformar el biogás en energía eléctrica y calor. El rendimiento de estos equipos suele ser de un 30% en energía eléctrica y un 30% en calor. En este cálculo se va a considerar únicamente la energía eléctrica producida.

Generación eléctrica	
Caudal biogás (m ³ /día)	699.78
Concentración CH ₄ (%)	75%
Caudal metano (m ³ /día)	525.39
Poder calorífico (kJ/m ³)	38000
Rendimiento CHP	30%
Energía generada (kWh/día)	1663.75
Ahorro anual (€/año)	-133,174.06 €

Tabla 9.9. Ahorro en coste energético anual producido por el aprovechamiento de metano en el método de membranas.

9.2. Costes de construcción

Para el cálculo de coste de construcción se han tenido en cuenta los elementos o instalaciones involucrados en el tratamiento biológico o secundario, mientras que el coste de construcción relacionado con el pretratamiento y el tratamiento terciario no se incluyen al considerarse que son el mismo coste para las tres alternativas.

El cálculo de los costes de construcción se ha determinado a partir de un valor de construcción en €/m³, obtenido a partir del Generador de Precios de la Construcción de CYPE Ingenieros. En concreto, para realizar la comparativa se ha tenido en cuenta el coste del material de construcción sin incluir el resto de costes que engloban este tipo de infraestructura (excavación, relleno, transporte, etc.) considerando que esos costes son iguales para las distintas alternativas. El valor que se ha empleado es 120 €/m³ para las estructuras de hormigón armado y 164.85 €/m² para las estructuras de acero.

Para el caso específico de las membranas, se ha obtenido el coste a partir de los datos facilitados por el fabricante KOCH membrane systems, que consiste en 40 €/m².

Por lo que, para calcular el área, se ha fijado el flujo medio, que consiste en el caudal que atraviesa la membrana por cada m², en un valor de 15 l/m² h. Teniendo en cuenta que el caudal de entrada al biorreactor de membranas es de 9 000 m³/día:

$$Superficie = \frac{9\,000 \cdot 1000}{\frac{24}{15}} = 25000 \text{ m}^2$$

El fabricante KOCH tiene disponibles distintos modelos como se muestran en la Figura 9.7 y se ha seleccionado el modelo LE-16 requiriendo un total de 5 tanques con 9 módulos en cada uno de ellos. Ya que, de acuerdo al catálogo del fabricante, cada módulo de membranas tiene una superficie efectiva de filtración de 696 m².

En concreto, solo serían necesarios 4 tanques, pero se mantiene uno de reserva para los periodos en los que se realicen tareas de limpieza y mantenimiento.

Por lo que la superficie total de membranas a instalar es de 31 320 m², resultando en un coste total de 1 252 600 €. Cabe destacar que la vida útil de este tipo de elementos es de 10 años por lo que se ha multiplicado por 2 el coste de membranas introducido en el análisis del coste de construcción al considerarse que la EDAR tiene una vida útil de 20 años.



Models: LE-8, LE-16, LE-44

Figura 9.7. Modelos de membranas (KOCH Membrane Systems).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se han obtenido los costes de construcción que se observan en la Figura 9.8.

Costes de construcción			
Alternativa	Convencional	Oxidacion T.	Membranas
Reactor	65 482.56 €	215 026.56 €	65 482.56 €
Decantador Primario	32 462.20 €	-	-
Decantado Secundario	49 946.19 €	73 431.39 €	54 309.36 €
Espesador	7 569.06 €	7 254.74 €	5 464.51 €
Digestor aerobio	99 644.98 €	-	-
Digestor anaerobio	-	-	160 840.11 €
Tanque membranas	-	-	12 846.49 €
Membranas	-	-	2 505 600.00 €
TOTAL	255 104.99 €	295 712.70 €	2 804 543.03 €

Figura 9.8. Costes de construcción de las distintas alternativas.

Además, se ha obtenido el coste de los diferentes equipos necesario para el funcionamiento de la estación depuradora que consiste en bombas, soplantes y agitadores. Se han tenido en cuenta también dos elementos necesarios en el esquema del reactor anaerobio de membranas que consisten en un CHP y un gasómetro, elementos necesarios para el almacenamiento y aprovechamiento energético del biogás.

Equipos			
Alternativa	Convencional	Oxidacion T.	Membranas
Bombas	17 500.00 €	17 500.00 €	24 500.00 €
Soplantes	18 000.00 €	18 000.00 €	27 000.00 €
Agitadores	12 000.00 €	12 000.00 €	12 000.00 €
CHP	-	-	3 500.00 €
Gasómetro	-	-	50 000.00 €
TOTAL	47 500.00 €	47 500.00 €	117 000.00 €

Figura 9.9. Coste de equipos de las distintas alternativas.

Finalmente, para obtener el gasto de construcción anual y así poder compararlo con el coste de operación, se ha anualizado el coste de construcción de la EDAR empleando el sistema de amortización francés, teniendo en cuenta una vida útil de 20 años y un interés del 4.5%. Mediante esa metodología se han obtenido los siguientes costes de construcción anualizados:

Costes de construcción			
Método	Convencional	Oxidacion T.	Membranas
Coste (€/año)	23 263.11 €	26 384.87 €	224 596.96 €

Figura 9.10. Costes de construcción de las diferentes alternativas.

10. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

La selección de la mejor alternativa se debe realizar en base a criterios técnicos y económicos. Desde el punto de vista técnico, todas las alternativas estudiadas en el presente documento son viables y permiten obtener concentraciones en el efluente similares. Por lo tanto, al igualarse en la parte técnica, se ha seleccionado la alternativa a desarrollar en base a criterios económicos.

10.1. Costes de Operación

Para realizar la comparativa de los costes de operación, se va a comparar en primer lugar los costes de reactivos y energéticos, para después proceder a la comparativa de los costes de operación generales para así entender mejor los valores obtenidos.

En la siguiente tabla se puede observar el coste total de reactivos en cada método:

Coste de Reactivos			
Método	Convencional	Oxidación T.	Membranas
Coste (€/año)	38 009.59 €	59 683.24 €	26 193.92 €

Tabla 10.1. Coste de reactivos para cada alternativa.

Como se observa tanto en la Tabla 10.1 como en la Figura 10.1, el proceso que obtiene un mayor coste de reactivos es el esquema de Oxidación Total. Como se ha comentado en apartados anteriores, al disponer de un reactor biológico de dimensiones considerablemente mayores a las de los otros dos métodos, requiere de mayores dosis de reactivos siendo más relevante el Cloruro Férrico.

Por otro lado, el método que menos coste de reactivos produce sería el de membranas (supone menos del 50% del coste que produce el método de OT) quedando el proceso convencional en segundo lugar.

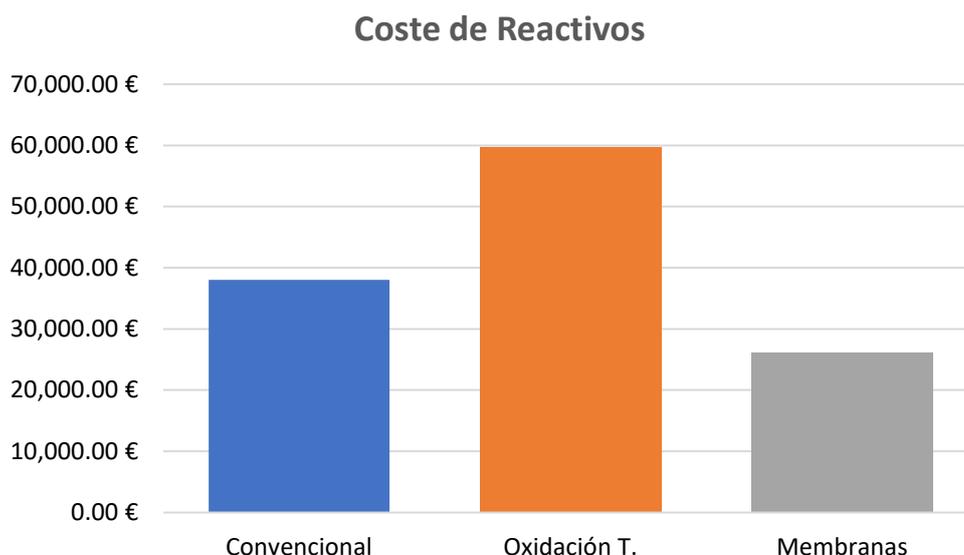


Figura 10.1. Gráfico comparativo del coste de reactivos de cada alternativa.

A continuaci3n, se procede a la comparativa del coste energ3tico que se puede observar en la siguiente tabla:

Coste Energ3tico			
M3todo	Convencional	Oxidacion T.	Membranas
Coste (€/año)	304 670.36 €	358 463.83 €	272 216.02 €

Tabla 10.2. Coste energ3tico para cada alternativa.

En cuanto al coste energ3tico, se ha obtenido la misma posici3n que en los costes de reactivos para los tres m3todos, siendo el de OT el que genera un mayor coste energ3tico, el proceso convencional en segundo lugar y el m3todo de membranas el que menor coste genera.

Por 3ltimo, se ha de tener en cuenta que se ha introducido en el c3lculo del coste energ3tico el ahorro generado por el aprovechamiento de metano que se produce en el proceso de membranas. Si no se llegara a realizar esta generaci3n el3ctrica, la alternativa de membranas ser3a la que mayor coste energ3tico obtiene con una gran diferencia respecto a los otros m3todos.

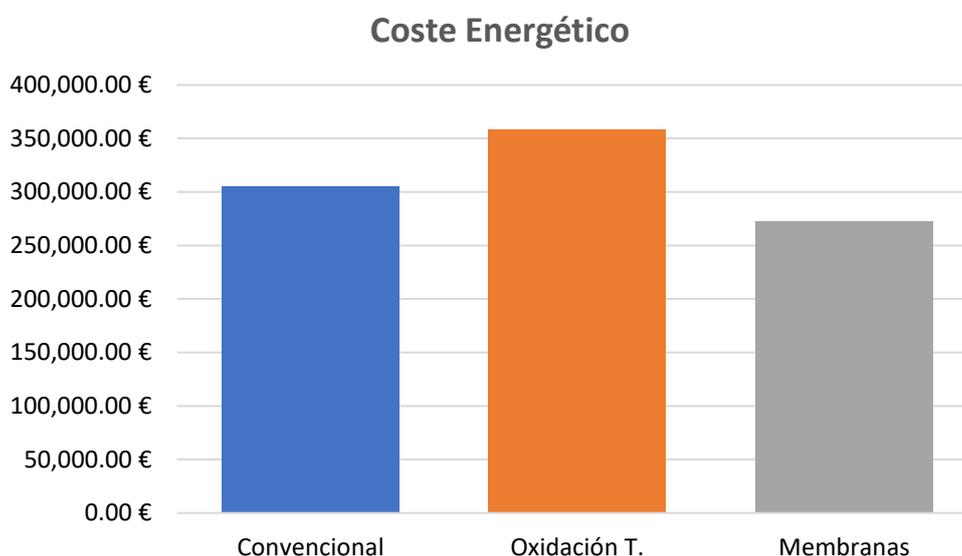


Figura 10.2. Gr3fico comparativo del coste energ3tico de cada alternativa.

Para finalizar la comparativa de los costes de operaci3n, en la siguiente tabla se puede observar el coste total de los costes tras sumar tanto el coste de reactivos como el coste energ3tico.

Costes de Operaci3n			
M3todo	Convencional	Oxidacion T.	Membranas
Coste (€/año)	342 679.95 €	418 147.07 €	298 409.94 €

Tabla 10.3. Costes de operaci3n para cada alternativa.

Por lo tanto, como se observa en la Figura 10.3, ordenando los m3todos de mayor a menor coste total de operaci3n, se obtiene:

1. Oxidaci3n Total.
2. Proceso Convencional (aproximadamente un 20% menor respecto al de OT).
3. M3todo de Membranas (aproximadamente un 30% menor respecto al de OT).

Costes de Operación

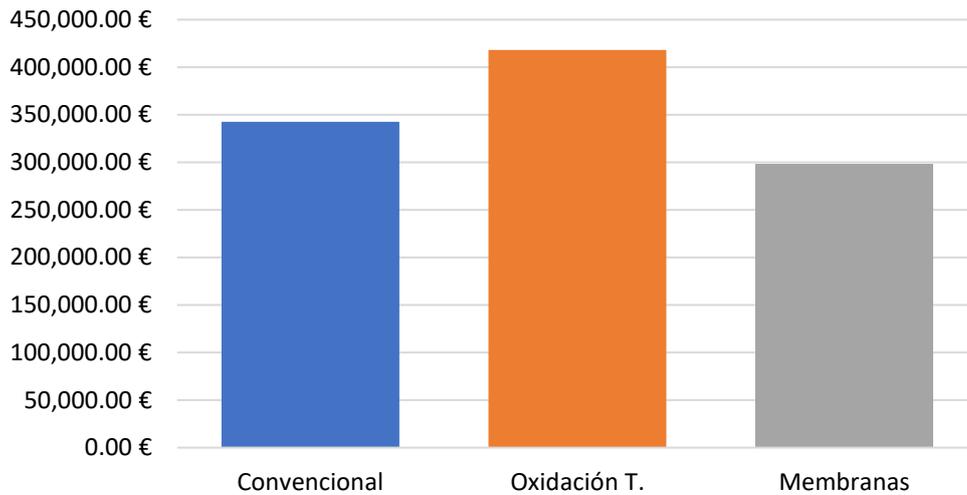


Figura 10.3. Gráfico comparativo de los costes de operación de cada alternativa.

10.2. Costes de Construcción

En cuanto a los costes de construcción, en la siguiente tabla se pueden observar los costes totales anualizados teniendo en cuenta una vida útil de la EDAR de 20 años.

Costes de Construcción			
Método	Convencional	Oxidación T.	Membranas
Coste (€/año)	23 263.11 €	26 384.87 €	224 596.96 €

Tabla 10.4. Costes de construcción para cada alternativa.

En el caso de los costes de construcción, sí que se pueden observar grandes diferencias entre el método que mayor coste de construcción genera que consiste en el método de membranas y las otras dos alternativas de este estudio.

Costes de Construcción

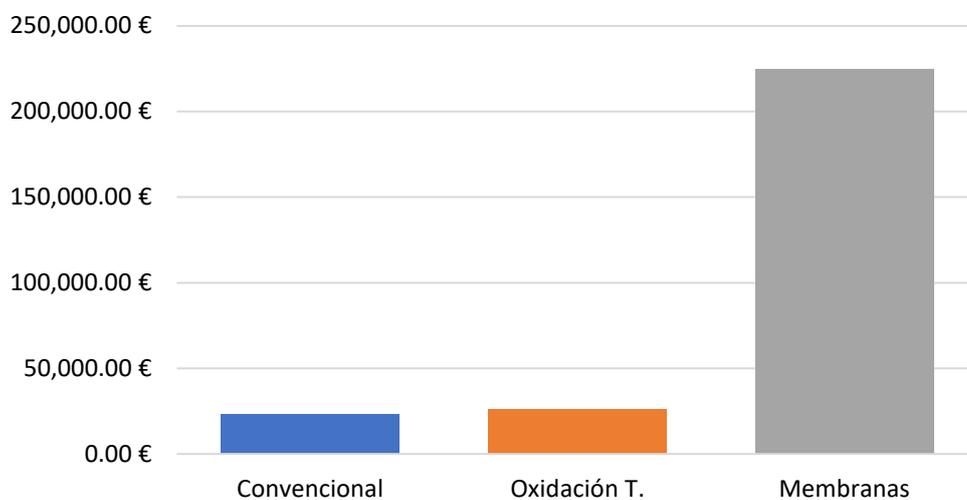


Figura 10.4. Gráfico comparativo de los costes de construcción de cada alternativa.

En concreto, el coste de la alternativa del reactor anaerobio de membranas supone un coste 9 veces mayor que el coste de los otros dos esquemas. Esto se debe mayoritariamente al coste de las membranas. Supone una alternativa mucho más novedosa con una tecnología mucho más avanzada, pero que supone un coste inicial muy elevado.

Por otro lado, el coste de construcción de las otras dos alternativas apenas dista en 3 000 € lo que prácticamente las iguala en la comparativa del coste de construcción.

Por lo que, como se observa en la Figura 10.4, ordenando los métodos de mayor a menor coste total de construcción, se obtiene:

1. Método de Membranas.
2. Oxidación Total (aproximadamente un 88% menor respecto al de Membranas).
3. Proceso Convencional (aproximadamente un 90% menor respecto al de Membranas).

10.3. Costes Totales

Por último, teniendo en cuenta la suma de todos los costes analizados en los apartados anteriores se obtienen los valores que se observan en la siguiente tabla.

Costes Totales			
Método	Convencional	Oxidación T.	Membranas
Coste (€/año)	365 943.05 €	444 531.94 €	523 006.90 €

Tabla 10.5. Costes totales para cada alternativa.

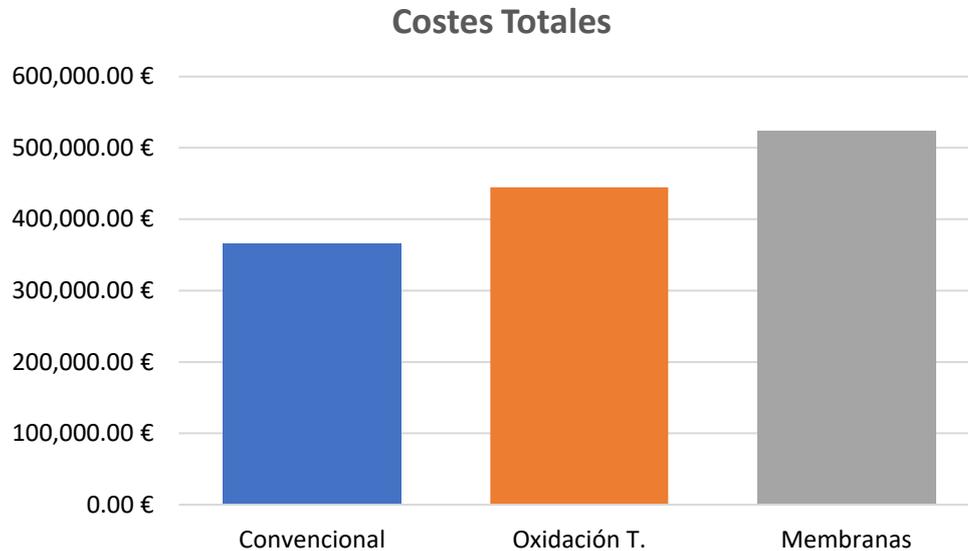


Figura 10.5. Gráfico comparativo de los costes totales de cada alternativa.

Como se observa en la Figura 10.5, ordenando los métodos de menor a mayor coste total, se obtiene:

1. Proceso convencional.
2. Oxidación Total (aproximadamente 1.2 veces mayor al coste del Proceso Convencional).
3. Método de Membranas (aproximadamente 1.4 veces mayor al coste del Proceso Convencional).

10.4. Alternativa seleccionada

Por lo que, finalmente, la alternativa seleccionada es el **Proceso Convencional** al ser el método de menor coste teniendo en cuenta todos los aspectos valorados en este estudio de alternativas.

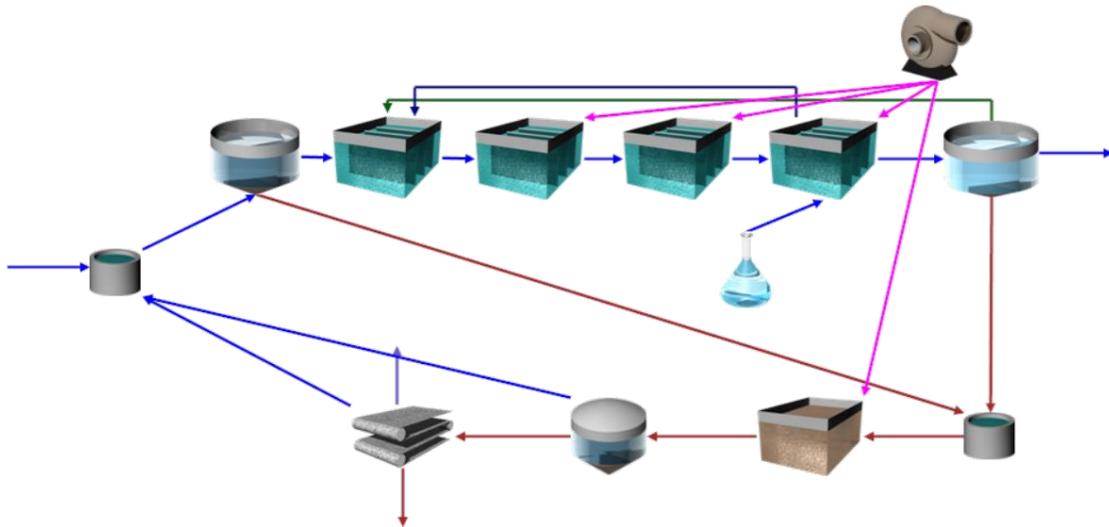


Figura 10.6. Esquema de la alternativa seleccionada.

11. DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA

Una vez realizada la comparativa entre las 3 alternativas y tras la elección del proceso convencional como alternativa a desarrollar, se procede al desarrollo completo de la misma.

En el diseño de las alternativas, no se tuvieron en cuenta algunos procesos que se realizan en el tratamiento de aguas residuales ya que son comunes para todas ellas. En concreto, estos procesos son el pretratamiento y el tratamiento terciario los cuales se van a tratar en el apartado actual.

11.1. Pretratamiento

11.1.1. Desbaste

Al introducirse el agua residual en la estación depuradora, el primer proceso que se realiza es el desbaste que consiste en retener la mayor parte de los objetos o sólidos de mayor tamaño para evitar que se acumulen y se depositen en diversas partes del proceso quitando volumen útil, pudiendo llegar a afectar al funcionamiento de las instalaciones. Este desbaste consiste en un sistema de rejas gruesas y finas.

11.1.1.1. Rejas finas

Para el diseño de las rejas finas se debe seleccionar el área que cumpla con las condiciones de velocidad. Cuanto menor sea la velocidad de paso, mayor será la cantidad de sólidos eliminados, por otro lado, si las velocidades de paso son demasiado bajas, se producirá la sedimentación de los sólidos en el canal. Por lo que se ha realizado el cálculo con una velocidad de 1,4 m/s que es la velocidad máxima a considerar que produce la menor área de cara a reducir costes.

$$A_{min} = \frac{Q}{V_{max}}$$

Rejas Finas	
v_{max} (m/s)	1.4
Caudal (m^3/d)	15000
Área (m^2)	0.1240

Tabla 11.1. Área mínima de enrejado fino.

Por otro lado, se podría producir una colmatación del enrejado al llegar residuos de gran tamaño, obteniéndose una disminución del área útil. Por lo tanto, se debe modificar el área calculada por un factor de colmatación de 0.3, asumiendo que durante el tiempo que no se realiza una limpieza del enrejado se colmata un 30%. Con lo que:

$$A_{libre} = \frac{A}{0.7} = 0.177 \text{ m}^2$$

Una vez obtenida el área útil, se procede a la elección del número de barras y al espaciado entre ellas. En la siguiente figura se observan valores típicos de estos parámetros tanto para rejas finas como para rejas gruesas que se obtendrán en el siguiente apartado.

Tipo	a (cm)	e (cm)
Rejas gruesas	5 - 15	1 - 2
Rejas finas	1.5 - 2	0.5 - 1

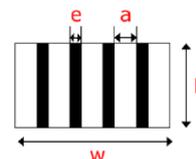


Figura 11.1. Separación y espesor de barras de sistema de rejás.

Por lo que, asumiendo un valor de espaciado entre barras (a) de 1.5 cm, un espesor de barra (e) de 1 cm, una altura de lámina de agua de 0.45 m, y empleando la siguiente formulación, se obtienen los valores finales que se observan en la Tabla 11.2.

$$b = \frac{A_{libre}}{h}$$

$$N^{\circ} \text{ espacios} = n = \frac{b}{a}$$

$$w = n * a + (n - 1) * e$$

Elección de barras	
a (m)	0.015
e (m)	0.01
h (m)	0.45
b (m)	0.276
Nº espacios	19
Nº barras	18
w canal (m)	0.465

Tabla 11.2. Dimensionamiento y cálculo de rejás finas.

11.1.1.2. Rejás gruesas

Siguiendo la misma metodología que en el caso de las rejás finas y partiendo de los datos de la Figura 11.1 se ha obtenido la cantidad de barras gruesas a instalar en la EDAR. Se mantienen las características del canal al ser el mismo que para rejás finas. En este caso se ha asumido una separación entre barras (a) de 5 cm y un espesor de las barras (e) de 1 cm, obteniéndose los valores que se observan en la siguiente tabla.

Rejás Gruesas	
a (m)	0.05
e (m)	0.01
Nº espacios	8
Nº barras	7

Tabla 11.3. Dimensionamiento y cálculo de rejás gruesas.

11.1.2. Desarenador

Tras el proceso de desbaste, se procede a la eliminación de arenas y gravas que se encuentran en el agua residual urbana mediante un desarenador aireado.

La función principal del desarenador es la protección de los elementos mecánicos móviles de la abrasión y el desgaste, la reducción de la formación de depósitos en las conducciones y evitar la presencia de materia inerte (sin posibilidad de eliminación por métodos biológicos) en el sistema de tratamiento.

El desarenador se encuentra aireado, por lo que la inyección de aire y la forma del tanque permiten la deposición de las partículas más pesadas y mantener la materia orgánica en suspensión. Asimismo, las burbujas de aire arrastran las grasas hasta la superficie desde son recogidas con una rasqueta superficial.

Para el dimensionamiento y diseño del desarenador se debe fijar inicialmente el TRH que se encuentre en el rango de correcto funcionamiento ($2\text{min} < \theta < 5\text{ min}$) y, además, se deben cumplir las características que se observan en la siguiente figura.

Características	Valor	
	Intervalo	Típico
Profundidad (h), m	2-5	
Relación ancho-profundidad (a/h)	1-5	2
Relación longitud-ancho (l/a)	3-4	3
Tiempo retención a Q_{\max} , min		
Desarenador	2-5	3
Desarenador-desengrasador	12-25	15
Nm^3 de aire/min·m de longitud	0.15 -0.45	0.3
Nm^3 de aire/h· m^3 de tanque	0.5 -2.0	1.0
Cantidad de arena, $\text{m}^3/10^3\text{m}^3$	0.004-0.20	0.015
Cantidad de espumas, ml/m^3	7.5-45	25

Figura 11.2. Parámetros de diseño de desarenadores.

Por lo que estableciendo un TRH de 5 minutos y teniendo en cuenta el caudal de diseño se procedió al cálculo de las características geométricas del desarenador siguiendo la siguiente metodología:

- Obtención del volumen.

$$V = \theta * Q = 52.08 \text{ m}^3$$

- Se fija el calado, cuyo valor debe ser igual o superior a 2, $h = 2.5\text{m}$
- Se fija la relación a/h en 1, que debe estar entre 1 y 5. Con lo que se obtiene que $a=2.5\text{m}$.
- Obtención de la longitud del desarenador.

$$l = \frac{V}{a * h} = 8.33 \text{ m}$$

- Comprobación de la relación l/a .

$$\frac{l}{a} = 3.33$$

- Obtención del caudal de arena (parámetros marcados en la Figura 11.2):

$$Q_{\text{arena}} = \text{Cantidad de arena} * Q = 225 \text{ l arena/día}$$

- Cálculo del caudal de aire a suministrar (parámetros marcados en la Figura 11.2):

$$Q_{\text{aire} \times \text{longitud}} = Q_L = 0.3 * 60 * l = 150 \text{ N m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{aire} \times \text{volumen}} = Q_V = 1 * V = 52.08 \text{ N m}^3/\text{h}$$

- Se escoge el máximo, por lo que $Q_{\text{aire}} = 150 \text{ Nm}^3/\text{h}$

Por último, se ha seleccionado el modelo de soplante del catálogo del proveedor Pedro Gil, a partir del Q_{aire} obtenido anteriormente y las pérdidas de carga que se han obtenido asumiendo los valores que se observan en la Tabla 11.4.

Pérdidas de carga	
Δh estática (m.c.a)	2.5
Δh difusor (m.c.a.)	0.3
Δh tubería (m.c.a.)	0.15
Δh válvula (m.c.a.)	0.2
Δh filtro (m.c.a.)	0.4
ΔP (m.c.a.)	3.55
ΔP (mbar) >	348.113

Tabla 11.4. Pérdidas de carga.

Por lo que la soplante seleccionada es la siguiente:

Soplante seleccionada	
Modelo	30.30 /DN-80
Potencia (kW)	3.72
ΔP (mbar)	400
Q (m ³ /min)	2.98

Tabla 11.5. Soplante seleccionada.

11.2. Tratamiento primario y secundario

Una vez finalizado el proceso de desbaste y desarenado del pretratamiento, se procede al tratamiento primario al producirse una primera decantación antes de comenzar el proceso biológico que consistiría en el tratamiento secundario.

Ambos procesos han sido descritos y calculados en apartados anteriores por lo que se consideran suficientemente desarrollados.

Por lo que, una vez eliminados los nutrientes, el agua tratada podría ser vertida a la red hídrica pero aun así se procede a un proceso más que consistiría en el tratamiento terciario.

11.3. Tratamiento terciario

El tratamiento terciario consiste en la desinfección del efluente y el principal objetivo es la eliminación de los patógenos del agua como bacterias o virus que no han sido eliminados en las etapas anteriores del proceso.

El método de desinfección propuesto para la EDAR de Oliva consiste en la instalación de lámparas de radiación ultravioleta por las que se hace pasar el efluente mediante un canal de salida para finalmente proceder al vertido a la red hídrica.

11.3.1. Desinfección UV

La desinfección ultravioleta es un proceso físico basado en la transferencia de energía electromagnética desde la fuente que en este caso serían las lámparas hasta el material genético de las células de los organismos patógenos. Cuando la energía UV es absorbida por el ADN de un microorganismo se inducen variantes estructurales que impiden la replicación del patógeno. Además, la dosis efectiva viene dada por el producto de la intensidad de la radiación por el tiempo de exposición.

Este proceso se podría realizar en etapas anteriores pero la efectividad de la desinfección UV depende directamente de la presencia de sólidos suspendidos ya que las bacterias y virus podrían quedar protegidas frente a la radiación al usarlos como escudo, es por ello que es más efectivo en etapas finales.

Este tipo de tratamiento requiere de mayores costes de instalación y operación que tratamientos más comunes como la cloración, sin embargo, se reduce el peligro que supone el gas de cloro que se genera en la cloración y el resto de los procedimientos que produce. Además, la desinfección por cloración genera subproductos tóxicos y disminuye la productividad de los cultivos por lo que reduce la rentabilidad de los campos de cultivo.

Partiendo del sistema de luz ultravioleta de la marca Trojan UV, se ha procedido al dimensionamiento de las lámparas UV estimando una transmitancia del 55% con una intensidad de $3\,000\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

La dosis mínima requerida para conseguir un nivel de desinfección de 200 CF/100 ml según el fabricante es de $28\,000\ \mu\text{W}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ para la concentración de sólidos suspendidos del efluente.

El diámetro de las lámparas (d) es de 0.9 pulgadas y la separación entre ellas (e) es de 3 pulgadas, como se muestra en la figura siguiente extraída del catálogo del proveedor.

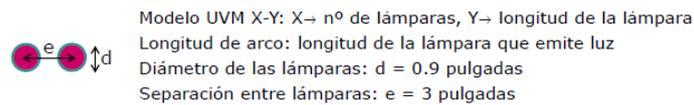


Figura 11.3. Diámetro y separación de lámparas (Fuente: Trojan UV).

Por lo que, el cálculo del número de módulos se obtiene siguiendo el siguiente proceso:

- Obtención del TRH.

$$\theta = \frac{\text{Dosis requerida}}{\text{Intensidad}} = 9.33\ \text{s}$$

- Obtención del volumen del reactor.

$$V_{\text{reactor}} = Q \cdot \theta = 1.62\ \text{m}^3$$

- A partir del caudal de diseño se selecciona el modelo que se ajusta (marcado en rojo en la Figura 11.4).

Modelo	Nº lámparas	Longitud arco (pulgadas)	Q tratamiento hasta (l/s)
UVM 2-36	2	30	5.0
UVM 2-64	2	58	17.5
UVM 4-36	4	30	35.0
UVM 4-64	4	58	65.0
UVM 6-64	6	58	130.0
UVM 8-64	8	58	2200.0
UVM 16-64	16	58	22000.0

Figura 11.4. Catálogo de módulos UV (Fuente: Trojan UV).

- Obtención del volumen neto por lámpara.

$$V_{\text{neto lamp}} = V_{\text{tot lamp}} - V_{\text{ocupado}} = 485.1\ \text{pulg}^3 / \text{lámpara}$$

$$V_{tot\ lamp} = e^2 \cdot l\ arco = 522\ pulg^3 / lámpara$$

$$V_{ocupado} = \frac{\pi}{a} \cdot d^2 \cdot l\ arco = 36.9\ pulg^3 / lámpara$$

- Cálculo del número de módulos.

$$N^{\circ}\ de\ lámparas = \frac{V_{reactor}}{V_{neto\ lamp}} = 203.8 \sim 231\ lámparas$$

$$N^{\circ}\ de\ módulos = \frac{N^{\circ}\ de\ lámparas}{8\ lámparas/módulo} = 25.48 \sim 26\ módulos$$

- Cálculo del número de lámparas final:

$$N^{\circ}\ de\ lámparas = N^{\circ}\ de\ módulos \cdot (N^{\circ}\ lámparas/módulo) = 208\ lámparas$$

- Comprobación del diseño.

$$V_{neto} = 485.1 \frac{pulg^3}{lámpara} \cdot 1,639 \cdot 10^{-5} * 208\ lámparas = 1.65\ m^3$$

$$\theta_{real} = \frac{V_{neto}}{Q} = 9.52\ s > 9.33\ s$$

$$DOSIS_{real} = \theta_{real} \cdot Intensidad = 28\ 577.16 \frac{\mu W \cdot s}{cm^2} > 28\ 000 \frac{\mu W \cdot s}{cm^2}$$

- Por último, las dimensiones del canal.

$$Profundidad = N^{\circ}\ lámparas/módulo \cdot e = 0.61\ m$$

$$Anchura = N^{\circ}\ módulos \cdot e = 0.99\ m$$

$$Longitud = 2\ grupos \cdot l\ lámparas + 0,25 = 3,5\ m$$

Tratamiento UV	
Nº lámparas	208
Nº módulos	26
Profundidad (m)	0.61
Anchura (m)	0.99
Longitud (m)	3.50
Número de grupos	2
Volumen (m ³)	2.11

Tabla 11.6. Dimensionamiento y cálculo de desinfección UV.

11.4. Estimación del coste de implantación

En el siguiente apartado se pretende realizar una valoración económica de la propuesta de estudio. Además, se detallan las unidades de obra, con sus respectivas mediciones, precios unitarios y el coste de implantación estimado.

Unidad de obra	Unidades	Medición	Precio unitario	Total
1. Actuaciones previas				
1.1 Desbroce y limpieza del terreno	m ²	52134	1.76 €	91,755.84 €
Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Incluye retirada de arbustos, pequeñas plantas, tocones, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor de 25 cm; y carga a camión.				
2. Pretratamiento				
2.1 Hormigón armado HA-35/F/20/XC2+XA3	m ³	50	334.79 €	16,739.50 €
Hormigón armado HA-35/F/20/XC2+XA3 en ejecución de estructuras de hormigón armado (canal de enrejado y tanque desarenador), incluso operaciones de encofrado y desencofrado, fabricación en obra, transporte, vertido, vibrado y curado				
2.2 Barra de acero	m ³	25	5.00 €	125.00 €
Barra de acero para enrejado, incluso transporte, colocación y rematado.				
3. Tratamiento secundario				
3.1 Hormigón armado HA-35/F/20/XC2+XA3	m ³	1232	334.79 €	412,461.28 €
Hormigón armado HA-35/F/20/XC2+XA3 en ejecución de estructuras de hormigón armado (reactores, decantadores primarios y secundarios), incluso operaciones de encofrado y desencofrado, fabricación en obra, transporte, vertido, vibrado y curado				
3.2 Depósito	ud	1	4,500.00 €	4,500.00 €
Depósito de almacenamiento de cloruro férrico, incluso transporte, colocación, anclaje.				
4. Tratamiento terciario				
4.1 Hormigón armado HA-35/F/20/XC2+XA3	m ³	5	334.79 €	1,673.95 €
Hormigón armado HA-35/F/20/XC2+XA3 en ejecución de estructuras de hormigón armado (canal de desinfección UV), incluso operaciones de encofrado y desencofrado, fabricación en obra, transporte, vertido, vibrado y curado				
4.2 Módulos de lámparas UV	ud	26	375.00 €	9,750.00 €
Módulos de lámparas UV modelo TROJAN UVM 8-64, incluso transporte, instalación y rematado.				
5. Línea de fangos				
5.1 Hormigón armado HA-35/F/20/XC2+XA3	m ³	894	334.79 €	299,302.26 €
Hormigón armado HA-35/F/20/XC2+XA3 en ejecución de estructuras de hormigón armado (espesador y digestor aerobio), incluso operaciones de encofrado y desencofrado, fabricación en obra, transporte, vertido, vibrado y curado				

6. Instalaciones auxiliares

6.1 Tubería de acero galvanizado	m	500	65.00 €	32,500.00 €
Tubería formada por tubo de acero galvanizado de 4" DN 100 mm de diámetro y 4,5 mm de espesor. Instalación en superficie. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.				
6.2 Instalaciones eléctricas	m	1000	65.00 €	65,000.00 €
Red eléctrica de distribución compuesta de: circuitos con cableado bajo tubo protector para alimentación general, alimentación de alumbrado, alumbrado de emergencia de escaleras y zonas comunes, tomas de corriente, grupos de presión, recinto de telecomunicaciones; mecanismos.				
6.3 Pavimento de hormigón	m ²	3500	25.28 €	88,480.00 €
Pavimento de hormigón, con juntas, de 10 cm de espesor, realizado con hormigón HM-20/B/20/X0 fabricado en central y vertido desde camión, extendido y vibrado manual; tratado superficialmente con mortero de rodadura para pavimento de hormigón y capa de sellado final con resina impermeabilizante.				
6.4 Caseta de control	ud	1	40,000.00 €	40,000.00 €
Construcción de caseta de control, incluso instalaciones eléctricas, fontanería, mobiliario, etc				

7. Equipos

7.1 Bomba	ud	5	3,500.00 €	17,500.00 €
Bomba, incluso transporte, instalación y rematado.				
7.2 Soplante	ud	4	6,000.00 €	24,000.00 €
Soplante, incluso transporte, instalación y rematado.				
7.3 Difusor	ud	2020	35.00 €	70,700.00 €
Difusor de membrana de disco de 300 mm de diámetro, incluso transporte, instalación y rematado.				
7.4 Agitador	ud	6	1,500.00 €	9,000.00 €
Agitador para tanque anóxico, incluso transporte, instalación y rematado.				

Lo cual resumido en capítulos:

Capítulo	Total
1. Actuaciones previas	91,755.84 €
2. Pretratamiento	16,864.50 €
3. Tratamiento secundario	416,961.28 €
4. Tratamiento terciario	11,423.95 €
5. Línea de fangos	299,302.26 €
6. Instalaciones auxiliares	225,980.00 €
7. Equipos	121,200.00 €
Valoración total	1,183,487.83 €

De lo que se obtiene:

Valoración total			1,183,487.83 €
Gastos generales	13	%	153,853.42 €
Beneficio industrial	6	%	71,009.27 €
Valoración sin IVA			1,408,350.52 €
IVA	21	%	295,753.61 €
Valoración FINAL			1,704,104.13 €

Por lo que, como conclusión, se obtiene un coste estimado final de UN MILLÓN SETECIENTOS CUATRO MIL CIENTO CUATRO EUROS CON TRECE CÉNTIMOS (1,704,104.13 €).

Valencia, diciembre de 2021

Francisco David García Brook

12. BIBLIOGRAFÍA

- Serralta Sevilla, Joaquín. Apuntes de la asignatura *Tratamiento y depuración de aguas residual*. Universidad Politécnica de Valencia. Curso 2018-2019
- Ferrer, J. Y Seco, A. *Tratamientos biológicos de aguas residuales*. España: Servicios de publicaciones de la Universitat Politècnica de València (2003).
- García, F., Ribes, J., Aguado, D., Serralta, J., Ruana, M.V., Seco, A., Ferrer, J. *Diseño y simulación de EDAR mediante el software DESASS*. 1ª Ed. España: Servicios de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia (2011).
- Ferrer, J. Y Seco, A. *Tratamientos físicos y químicos de aguas residuales*. España: Servicios de publicaciones de la Universitat Politècnica de València (2011).
- Aguado García, Daniel. *El tratamiento secundario en la estación depuradora*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia (2018)
- Aguado García, Daniel. *La Estación depuradora de Aguas Residuales (EDAR)*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia (2018)
- Aguado García, Daniel. *El tratamiento terciario en la estación depuradora*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia (2018)
- Aguado García, Daniel. *El pretratamiento en la estación depuradora*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia (2018)
- Aguado García, Daniel. *Reactores biológicos de Membranas -MBR*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia (2018)
- Aguado García, Daniel. *Tratamiento de fangos en la estación depuradora*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia (2018)
- Aguado García, Daniel. *Reutilización de aguas residuales depuradas*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia (2018)
- Grupo CALAGUA. Manual DESASS 7.1 (Design and Simulation of Activated Sludge Systems).
- Directiva 91/271/CEE. Sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- KOCH MEMBRANE SYSTEMS. Membrane products. Hollow fiber membranes. Ultrafiltración. PURON MBR Series. Sitio web Koch membrane: <http://www.kochmembrane.com>
- TROJAN TECHNOLOGIES. Trojan UV water confidence. Sitio web TrojanUV: <http://www.trojanuv.com/es/uv-basics>

ANEXO I. RELACIÓN DEL TFM CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030

García Brook, Francisco David



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ÍNDICE

1.	Introducción	4
2.	Descripción de la alineación del TFM con los ODS con grado de relación alto.....	5
2.1.	ODS 3. Salud y Bienestar	5
2.2.	ODS 6. Agua limpia y Saneamiento	5
2.3.	ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.....	5
2.4.	ODS 13. Acción por el clima	6
2.5.	ODS 14. Vida submarina.....	6

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura A 1.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	4
---	---

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla A 1.1. Grado de relación del trabajo con los ODS.	4
--	---

ANEXO I. RELACIÓN DEL TFM CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030

1. INTRODUCCIÓN

En el año 2015, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, que supone una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos. Esta Agenda incluye un total de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de aplicación universal para impulsar el crecimiento económico, el compromiso con las necesidades sociales y la protección del medio ambiente.



Figura A 1.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Como parte de la elaboración del presente documento “Estudio de Alternativas para la nueva EDAR de Oliva” se ha realizado un ejercicio de reflexión sobre cómo podría contribuir o relacionarse el proyecto a la mejor de la sociedad en el marco de los ODS.

Objetivos de Desarrollo Sostenibles		Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1.	Fin de la pobreza.				X
ODS 2.	Hambre cero.				X
ODS 3.	Salud y bienestar.	X			
ODS 4.	Educación de calidad.				X
ODS 5.	Igualdad de género.				X
ODS 6.	Agua limpia y saneamiento.	X			
ODS 7.	Energía asequible y no contaminante.			X	
ODS 8.	Trabajo decente y crecimiento económico.		X		
ODS 9.	Industria, innovación e infraestructuras.		X		
ODS 10.	Reducción de las desigualdades.				X
ODS 11.	Ciudades y comunidades sostenibles.	X			
ODS 12.	Producción y consumo responsables.			X	
ODS 13.	Acción por el clima.	X			
ODS 14.	Vida submarina.	X			
ODS 15.	Vida de ecosistemas terrestres.			X	
ODS 16.	Paz, justicia e instituciones sólidas.				X
ODS 17.	Alianzas para lograr objetivos.				X

Tabla A 1.1. Grado de relación del trabajo con los ODS.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ALINEACIÓN DEL TFM CON LOS ODS CON GRADO DE RELACIÓN ALTO

2.1. ODS 3. Salud y Bienestar

El ODS 3 busca garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades, además de combatir las enfermedades transmitidas por el agua.

El presente documento, al tratarse del estudio de alternativas de una estación depuradora de aguas residuales, contribuye a eliminar las enfermedades que pudieran transmitirse por el agua debido al proceso que sigue el agua residual en las diferentes etapas del tratamiento.

En concreto, gracias a la incorporación del tratamiento terciario en el esquema empleando una desinfección por radiación ultravioleta, se consiguen eliminar la mayor parte de los patógenos existentes en el agua causantes de las enfermedades que podrían transmitirse por este medio. Por lo que, tras este proceso, se puede garantizar un vertido a la red hídrica natural sin riesgo de propagar enfermedades a las poblaciones cercanas, así como a la flora y fauna de la zona.

2.2. ODS 6. Agua limpia y Saneamiento

El ODS 6 sería el objetivo más relacionado con el presente estudio. Busca garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todas las personas. Para ello pretende mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación y las aguas residuales sin tratar y aumentar el reciclado y la reutilización.

Como se ha comentado en apartados anteriores, el estado actual de las EDAR existentes en el municipio de Oliva es crítico. No se consigue tratar la totalidad de las aguas residuales que se producen por lo que una gran parte de ellas acaban en el mar a través de un emisario submarino con apenas realizar un pretratamiento.

Por lo que el estudio desarrollado en el presente documento permite el tratamiento completo de la totalidad de las aguas residuales que se producen en el municipio para así poder asegurar los criterios de vertido establecidos y minimizar el impacto en el ecosistema.

Además, como se ha comentado en apartados anteriores, se pretende reutilizar parte del agua tratada para riego en épocas de escasez hídrica.

2.3. ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles

EL objetivo principal del ODS 11 es lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. La Agenda 2030 incide en la reducción del impacto ambiental de las ciudades, en especial en la calidad del aire y el agua, así como la gestión de residuos.

El presente TFM se centra en la gestión de aguas residuales por lo que permite reducir el impacto ambiental de la ciudad de Oliva en cuanto a contaminación del medio terrestre y marino. Sobre todo, si se compara con la gestión de agua residual actual que se lleva a cabo en el municipio, aumentando considerablemente el impacto ambiental.

2.4. ODS 13. Acción por el clima

El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 13 pretende adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, así como preparar la adaptación a la nueva realidad que está generando el cambio climático.

Los efectos del cambio climático conducen a un escenario de aumento general de la severidad de las sequías tanto meteorológicas como hidráulicas, debido a los efectos combinados de la reducción de las precipitaciones y el incremento de la evapotranspiración.

La EDAR de Oliva desarrollada en el presente documento permite la reutilización del agua tratada para riego minimizando así la escasez del recurso hídrico en épocas de sequías, permitiendo así una mejor adaptación al cambio climático de la agricultura de la zona de la comarca de la Safor.

2.5. ODS 14. Vida submarina

En cuanto al ODS 14, busca la conservación y utilización sostenible de los océanos, mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible, ya que proporcionan recursos naturales como alimentos, contribuyen a la descomposición molecular de los desechos, etc.

Como se ha comentado en numerosos apartados, en la actualidad, se vierte anualmente al mar Mediterráneo una gran parte de las aguas residuales producidas en el municipio de Oliva sin apenas realizar un tratamiento de las aguas. El mar tiene una gran capacidad de depuración, pero al realizarse vertidos incontrolados se podría llegar a producir vertidos tóxicos que afectarían a la flora y la fauna de la zona costera del municipio. Además, el turismo tiene un gran peso sobre la economía del municipio debido principalmente a las playas. Por lo que el vertido incontrolado podría afectar tanto a los ecosistemas como a la economía de la zona.

Es por ello que se hace más evidente la necesidad de implantar la construcción de la nueva EDAR de Oliva estudiada en el presente documento, para así garantizar la estabilidad económica y ecológica del municipio de Oliva.