

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE
UNA ESTACIÓN DEPURADORA DE
AGUAS RESIDUALES EN CAMPROVÍN,
LA RIOJA.***

DOCUMENTO 1- MEMORIA Y ANEJOS

Alumno/Alumna: Blanco, Rojo, Laura

Director/Directora: Aranguiz, Basterrechea, Itziar

Curso: 2018 -2019

Fecha: 18-febrero-2019

RESUMEN

Las actividades humanas e industriales modifican las características de las aguas, contaminándolas y comprometiendo su posterior aplicación para otros usos. Hasta hace un tiempo, los vertidos producidos se veían asimilados por el medio natural con procesos de autodepuración. Hoy día el aumento demográfico y la industrialización han invalidado estos procesos. Esto unido a la creciente importancia del agua como recurso indispensable y al creciente interés por la protección del medio ambiente, han motivado la necesidad de ayudar a la natura en cuanto a la depuración de sus aguas. Así es como cobra sentido este proyecto de Diseño y Dimensionamiento de una Estación Depuradora de Aguas Residuales en el municipio de Camprovín, La Rioja.

La localidad de Camprovín, situada a los pies de la Sierra de Lara y la Sierra de Moncalvillo en La Rioja, cuenta con una población alrededor de los 145 habitantes, aumentando este número al doble en periodos estivales y festivos. Actualmente la red de saneamiento es unitaria, el sistema de depuración está formado por una fosa séptica que recoge las aguas provenientes de la mayor parte del municipio y vierte directamente al arroyo Barranco del Soto. Al tratarse solo de un tratamiento primario el vertido efluente no cumple con los objetivos de calidad en cuanto a la depuración de aguas se refiere, sobre todo en temporada alta con el aumento de la población. Se convierte así en un problema para el municipio y las localidades cercanas aguas abajo.

Ante la necesidad de un tratamiento adecuado que cubra los niveles exigidos en la depuración de aguas se hace indispensable la construcción de una EDAR. Para ello, en el proyecto se realiza un estudio de alternativas en cuanto a la ubicación y al sistema de depuración más adecuado. Además también se dimensionan el resto de elementos necesarios para hacer funcional la nueva estación depuradora. Entre ellos se encuentran un camino de acceso, emisario y colector del efluente y un acondicionamiento de la fosa séptica, ya que una vez puesta en marcha la EDAR dejará de ser necesaria.

El sistema de depuración escogido es un Proceso de Biomasa Fija mediante Filtro Percolador. Dotado de desbaste y desarenado como pretratamiento, decantador primario por gravedad como tratamiento primario y filtro percolador y decantador secundario como tratamiento biológico. Para la línea de fangos se ha diseñado un espesador estático y un depósito de almacenamiento antes de ser trasladados a una planta de tratamiento de lodos cercana. Por otro lado, la fosa séptica pasará a convertirse en un tanque de tormentas previo a la EDAR.

En resumen, el presente proyecto trata el diseño y dimensionamiento de una EDAR en Camprovín cumpliendo con los objetivos de depuración de aguas residuales y respondiendo a los problemas planteados en los últimos años.

PALABRAS CLAVE: Estación depuradora de aguas residuales (EDAR), filtro percolador, pequeña población, tanque de tormentas.

ABSTRACT

For some time now, human activities such as industrialization are degrading the quality of water all over the world, contaminating it and making it unusable. In the past, the environment used to assimilate the negative effects of human activities but due to the demographic growth and the increasing industrialization, the environment is no longer able to assimilate such harming activities by itself. Therefore, the fact that water is indispensable and the increasing interest in the protection of the planet have motivated the necessity of helping it to purify the water. All of the above gives meaning to this project: Design and Sizing of a Wastewater Treatment Plant in Camprovín, La Rioja.

Camprovín is a small village at the feet of Lara and Moncalvillo mountains in La Rioja. It has a population of 145 people, although this number doubles and even triples in summer and during the local festivities. At present, they have a wastewater treatment system made of a septic tank which collects all the residual waters that come from the biggest part of the village and discharges this sewage into a small river called Barranco del Soto. The purification system does not meet the quality standards, since the wastewater is only treated at a primary stage. The situation gets worse in pick season, when more people arrive at the village and it even affects the nearby downstream villages.

As it is very important to treat the sewage according to the regulations, it is strictly necessary to build a Wastewater Treatment Plant (WWTP) in Camprovín. To this end, this projects deals with the different alternatives and locations where the new purification system could be installed in the village. In addition, the rest of the necessary elements to make the WWTP work properly are also evaluated. Among them, we can find an access road, the effluent sewer, the sewage pipe and the reconditioning of the septic tank, since it will not be necessary anymore after the commissioning of the WWTP.

The chosen purification system is a Fixed Biomass Process with Trickling Filter. Firstly, a pretreatment with roughing and desanding is performed. After that, a gravity water separator is used for primary treatment and, finally, the trickling filter and a secondary separator are used for biological treatment. A static sludge thickener and a storage tank have been designed to store the mud before carrying it to a nearby sludge treatment facility. Besides, the septic tank will become a rain overflow chamber prior to the WWTP.

In summary, this project deals with the design and sizing of a WWTP which complies with the regulations in terms of sewage purification in order to improve the current problems in Camprovín.

KEY WORDS: Wastewater Treatment Plant (WWTP), trickling filter, small village, rain overflow chamber

LABURPENA

Giza eta industria jardueren ezaugarriak aldatzen dituzte hauek kutsatuz eta hauen ondorengo erabilerak arriskuan jarritik. Orain dela denbora bat arte, egiten ziren isurketak ingurumenean barneratzen ziren autodepurazio prozesuaren bitartez. Igoera demografikoak eta industrializazioak prozesu hau baliogabetu dute. Uraren garrantzia ezinbesteko baliabide bezala eta ingurumenaren babesaren interés hazkorrak, uraren arazketaren garrantzia motibatu dute. Eta horrela proiektu honek zentzua hartu du: Hondakin Uren Araztegiaren diseinua eta dimentsionamendua Camprovín-en, Errioxa.

Camprovín-eko herria Lara eta Moncalvillo mendikateen oinetan kokatuta dago, Errioxan. 145 biztanle inguru ditu, baina biztanleria hau bikoiztu egiten da udan eta jaiegunetan. Gaur egun, saneamendu sarea unitarioa da, arazketa sistema putzu septiko batez osatuta dago, zeinek udalerriko ur gehienak jasotzen dituen eta Barranko del Soto errekan isurtzen dituen. Lehen mailako tratamendua denez, isuritako efluentes ez ditu uraren arazketen kalitate helburuak betetzen, batez ere udan eta jaiegunetan, biztanleriak gora egiten duenean hain zuzen ere. Eta horrela, udalerrientzako eta hurbil dauden herrientzako arazo bat bilakatu da.

Ur arazketan eskatutako kalitate maila betetzeko, tratamendu egoki baten behararen aurrean gaude, eta beraz, H.U.A baten eraikuntza ezinbestekoa egiten da. Horretarako, proiektu honetan, kokaleku alternatibak eta arazketa sistema egokienak ikertzen dira. Gainera, gainontzeko beharrezko elementuak dimentsionatzen dira Hondakin Uren Araztegia funtzionala izateko. Hauen artean, sarbide bide bat, igorle eta kolektore efluenta eta hobi septikoaren egokitzea martxan jartzen dira, behin H.U.A jarrita, beharrezkoa izateari utziko diolako.

Aukeratutako arazketa sistema Biomasa Finko baten prozesua da, iragazki Perkoladore baten bitartez. Aurre-tratamendua arbastuz eta hare-kenduraz hornitzen da. Lehen mailako dekantagailua grabitate bidez lehen mailako tratamendu bezala eta iragazki perkoladore eta bigarren mailako dekantagailua tratamendu biologikoa bezala. Lohi lerrorako espezializatu estatikoa diseinatu da eta baita ere, biltegitratze gordailu bat, hurbil dagoen lohi tratamendu fabrikara eraman baino lehen. Beste alde batetik, hobi septikoa ekaitz depositu bat bilakatuko da H.U.A egin baino lehen.

Laburtuz, proiektu hau Camprovín-en H.U.A baten diseinuari eta dimentsionamenduari buruz da, hondakin uraren arazketa helburuak betetz eta azken urteetan mahaigaineratu diren arazoak erantzun bat aurkituz.

HITZ GAKOAK: Hondakin uraren araztegia (H.U.A), iragazki perkoladorea, populazio txikia, ekaitz depositua.

ACRÓNIMOS

C.H.E	Confederación Hidrográfica del Ebro
DBO ₅	Demanda Biológica de Oxígeno
DP	Decantación Primaria
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EDAR	Estación Depuradora de Aguas Residuales
ERA	Estación de Reutilización del Agua
He	Habitante equivalente
LB	Lecho Bacteriano
LD	Fangos o Lodos de Depuradoras
LER	Lista Europea de Residuos
MO	Materia orgánica
NTK	Nitrógeno total
P _T	Fósforo total
SS	Sólidos Suspensión
SST	Sólidos en suspensión
SSV	Sólidos Volátiles

INDICE GENERAL

MEMORIA DESCRIPTIVA.....	6
ANEJO 1. Cálculo población equivalente.....	67
ANEJO 2. Cálculo hidráulico emisario.....	79
ANEJO 3. Cálculos hidráulicos y dimensionamiento de los equipos.....	90
ANEJO 4. Estudio ambiental.....	130

MEMORIA DESCRIPTIVA

CONTENIDO

1. Introducción	11
2. Antecedentes	12
3. Situación del sistema de depuración actual	14
3.1. Datos analíticos de entrada y salida de la fosa séptica de Camprovín.	15
4. Objeto del proyecto	17
5. Estudio de alternativas: Sistema de depuración	18
5.1. Descripción de los sistemas de depuración.	18
5.1.1. Línea de aguas.	19
5.1.1.1. Pretratamiento.....	19
5.1.1.2. Tratamiento primario.....	20
5.1.1.3. Tratamiento secundario o biológico.	20
5.1.1.4. Tratamiento terciario o avanzado.....	23
5.1.2. Línea de fangos	24
5.2. Elección del método de depuración.	26
5.2.1. Línea de aguas.	27
5.2.1.1. Pretratamiento.....	27
5.2.1.2. Tratamiento primario.....	28
5.2.1.3. Tratamiento secundario o biológico.	29
5.2.2. Línea de fangos.....	30
5.3. Conclusión.....	31
6. Estudio de alternativas: Ubicación	32
6.1. Alternativa 1.....	33
6.2. Alternativa 2.....	33
6.3. Alternativa 3.....	34
6.4. Alternativa 4.....	35
6.5. Conclusión.....	35
7. Datos de partida y resultados a obtener	36
7.1. Datos de partida	36
7.2. Resultados a obtener.....	37
7.2.1. Características exigidas en el vertido final	37
7.2.2. Rendimientos de depuración.	38
8. Justificación de la solución adoptada	39
9. Descripción general y funcionamiento de la instalación	41
9.1. Emplazamiento de la EDAR.....	41
9.2. Funcionamiento de la EDAR.....	41
9.2.1. Línea de tratamiento de aguas.	41

9.2.1.1.	Pretratamiento.....	41
9.2.1.1.1.	Canal principal.....	42
9.2.1.1.2.	Canal secundario.....	42
9.2.1.1.3.	Arqueta de salida del pretratamiento.....	42
9.2.1.2.	Decantador primario.....	43
9.2.1.3.	Filtro percolador.....	43
9.2.1.4.	Arqueta de recirculación y de salida.....	44
9.2.1.5.	Decantación secundaria.....	44
9.2.2.	Línea de tratamiento de fangos.....	45
9.2.2.1.	Purga de fangos primarios.....	45
9.2.2.2.	Purga de fangos biológicos.....	45
9.2.2.3.	Espesamiento de fangos.....	45
9.2.2.4.	Depósito de almacenamiento de fangos.....	46
9.2.2.5.	Recogida de sobrenadantes de fangos.....	47
9.2.2.6.	Destino final de los fangos.....	47
9.3.	Emisario.....	48
9.4.	Colector efluente.....	48
9.5.	Camino de acceso.....	50
9.6.	Tanque de tormentas.....	50
9.7.	Esquema general de la instalación.....	52
10.	Gestión de Residuos de construcción y demolición.....	53
10.1.	Estimación de los residuos generados.....	53
10.2.	Reutilización, valorización o eliminación de los RCDs.....	53
11.	Plazo de ejecución de las obras y programa de trabajo.....	55
12.	Expropiaciones.....	57
12.1.	Conducciones.....	57
12.2.	Valoración estimada de la expropiación.....	57
12.3.	Tablas de relación de propietarios.....	58
13.	Resumen del presupuesto.....	62
	Referencias.....	63

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Datos analíticos de entrada y salida de la fosa séptica en Camprovín</i>	16
<i>Tabla 2. Objetivos de calidad del efluente</i>	16
<i>Tabla 3. Características exigidas en el vertido [7]</i>	37
<i>Tabla 4. Rendimientos exigidos al tratamiento primario [7]</i>	38
<i>Tabla 5. Rendimientos previstos para tratamiento secundario [3]</i>	38
<i>Tabla 6. Diámetros normalizados (interior y exterior) para tuberías de PVC [15]</i>	49
<i>Tabla 7. Estimación de RCDs generados.</i>	53
<i>Tabla 8. Programa de trabajo</i>	56
<i>Tabla 9. Precios asignados para cada tipo de expropiación</i>	58
<i>Tabla 10. Resumen importe y superficie afectada de las expropiaciones.</i>	58
<i>Tabla 11. Datos expropiaciones.</i>	59

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Situación de Camprovín, La Rioja.</i> [40]	12
<i>Figura 2. Situación de Mahave y Camprovín</i> [5]	13
<i>Figura 5. Funcionamiento del tamiz rotativo o rototamiz.</i> [41]	27
<i>Figura 6. Reja de gruesos de limpieza manual.</i> [13]	28
<i>Figura 7. Decantador estático rectangular.</i> [42]	28
<i>Figura 8. Filtro percolador.</i> [43]	29
<i>Figura 9. Decantador secundario por gravedad.</i> [44]	30
<i>Figura 10. Tolva y espesador de fangos</i> [12]	31
<i>Figura 11. Situación en planta de las cuatro alternativas.</i>	32
<i>Figura 12. Situación alternativa 1.</i>	33
<i>Figura 13. Situación alternativa 2.</i>	34
<i>Figura 14. Situación alternativa 3.</i>	34
<i>Figura 15. Situación alternativa 4.</i>	35
<i>Figura 16. Tolva de almacenamiento de lodos</i> [13]	47
<i>Figura 17. Válvula Vortex.</i> [45]	51
<i>Figura 18. Esquema general de la instalación.</i>	52

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales urbanas son generadas por las actividades humanas y modifican las características de las aguas de partida, contaminándolas e invalidando su posterior aplicación para otros usos [1]. Hasta hace un tiempo, estos vertidos producidos por la población y la escasa industria existente se veían asimilados por el medio natural gracias a los procesos de autodepuración. En la actualidad, debido al aumento demográfico e industrial y el continuo incremento de las demandas del agua se ha visto reducida la calidad de este recurso hídrico, comprometiendo el medio ambiente y poniendo en peligro a sus usuarios.

La creciente importancia del agua como recurso natural indispensable, irremplazable y altamente vulnerable, unida al creciente interés por la protección del medio ambiente en general, han motivado una concienciación de la necesidad de depurar aguas procedentes de usos tanto urbanos como industriales e incluso, de los efluentes de riego.

Es por ello necesario ayudar a la natura con la construcción de depuradoras que limiten parámetros de contaminación de vertidos, teniendo como objetivo alcanzar los valores mínimos exigidos para los distintos usos. [2]

Así bien, la situación de la depuración de las aguas residuales en las pequeñas poblaciones en España es la siguiente.

Una vez se ha garantizado la depuración de la mayor parte de los núcleos de mayor tamaño, los nuevos planes, tanto los de cuenca como los planes de saneamiento nacionales y regionales, orientan sus actuaciones a las aglomeraciones menores de 2000 habitantes equivalentes.

En España, y en concreto en la comunidad autónoma de La Rioja, la mayor parte de los municipios existentes cuentan con una población menor a 2000 habitantes equivalentes.

Desde el 1 de enero de 2006, las aglomeraciones urbanas menores de 2000 habitantes equivalentes, que vierten a aguas continentales o estuarios y que cuentan con red de saneamiento, están obligadas a someter a sus aguas residuales a un tratamiento adecuado (Real Decreto Ley 11/1995) [3].

Por ello, a continuación, se define el presente proyecto en el que se incluye el Diseño e Instalación de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) en el municipio de Camprovín, La Rioja.

2. ANTECEDENTES

La localidad de Camprovín está situada al oeste de la comunidad autónoma de La Rioja. Al pie de la Sierra de Moncalvillo y la Sierra de Lara. Sobre la margen derecha del río Najerilla, a orillas del Barranco del Soto. Conectada con los municipios cercanos a través de la LR-431, a tan solo 30 km de la capital, Logroño. [4]

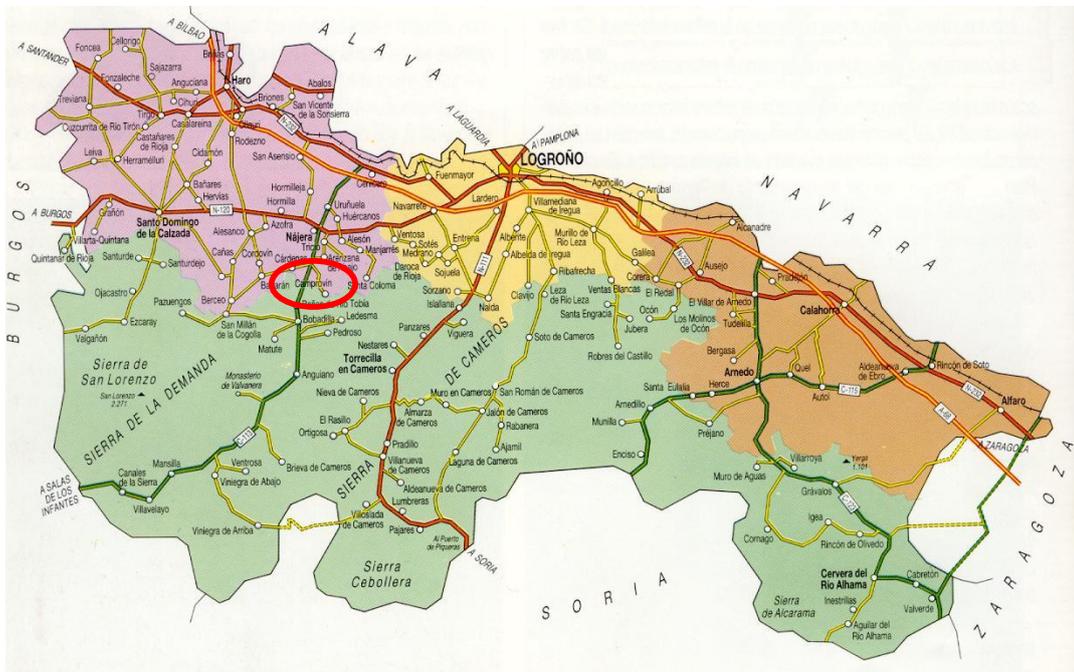


Figura 1. Situación de Camprovín, La Rioja. [40]

Actualmente se encuentra habitado por un total de 145 personas. Cuenta con escuela, en la que todavía se imparten clases y centro médico al que diariamente acuden a realizar consultas el personal médico y de enfermería.

Camprovín es atravesado por un arroyo, el Barranco del Soto, el cual escasos metros aguas abajo desemboca en el Najerilla, río característico por arrastrar el mayor caudal y tener la mayor longitud de esta comunidad autónoma tras el Ebro. Además, este arroyo sirve de boca de riego para numerosos cultivos y pasto de la zona.

Este municipio rural basa su economía en la agricultura, sobre todo de vid, y en la ganadería. Además, cuenta con una importante fábrica de embutidos. Llamativo por su entorno, sus rutas de monasterios y ser un mirador sobre el valle del Najerilla recibe al año numerosos turistas en sus más de cinco casas rurales.

Como la mayoría de pueblos riojanos, registra un importante incremento de población durante los meses de verano y épocas festivas, llegando incluso a multiplicar su población al doble.

Destacar la situación del manantial “La fuentecilla” a escasos metros del municipio, por lo que la nueva EDAR deberá cumplir con unas restricciones ambientales en cuanto a la ubicación, tratamiento y vertido a realizar.

Mahave pertenece al término municipal de Camprovín. El baronesado de Mahave se concedió en 1747 a Don Diego José Vélez de Medrano y Esquivel, desde entonces el título

reside en la misma familia por línea directa. Actualmente se encuentra habitado por cuatro personas.

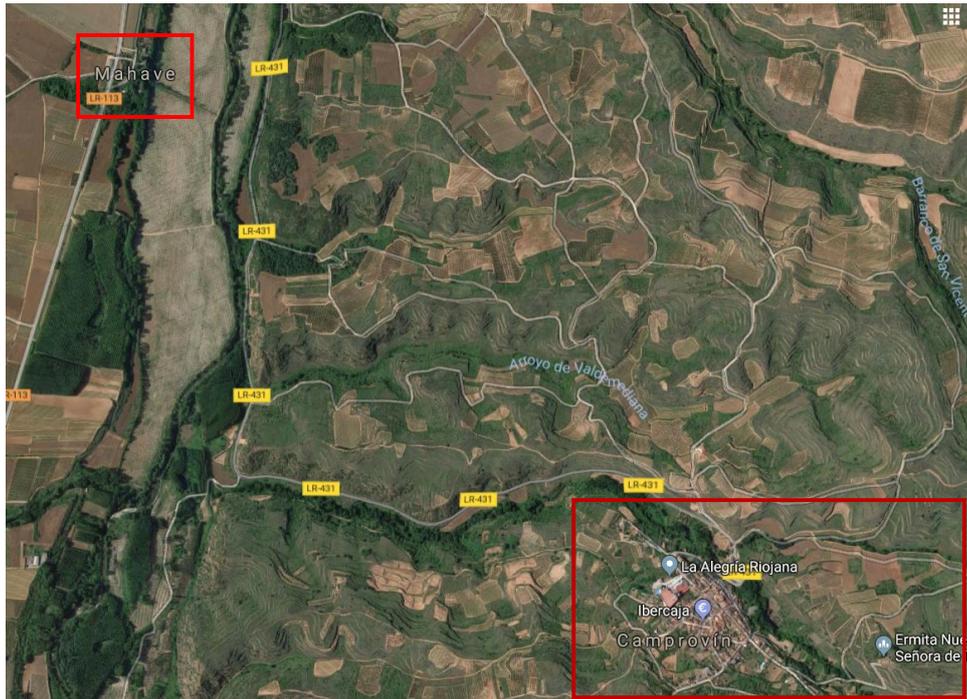


Figura 2. Situación de Mahave y Camprovín [5]

3. SITUACIÓN DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN ACTUAL

Hoy día la red de saneamiento de Camprovín es unitaria. El sistema de depuración actual está formado por una fosa séptica localizada en la calle Carretera de Nájera, al noroeste del casco urbano. La fosa séptica cuenta con unas dimensiones exteriores totales de 17 x 3,70 x 3,25 metros y recoge las aguas provenientes de la mayor parte del municipio. Una vez tratadas las aguas son vertidas al Barranco del Soto.



Figura 3. Ubicación fosa séptica en Camprovín [5]



Figura 4. Fosa séptica de Camprovín, La Rioja. [20]

Las fosas sépticas son dispositivos que permiten un tratamiento primario de las aguas residuales, reduciendo su contenido en sólidos en suspensión, tanto sedimentables como flotantes. Dado que con el empleo de fosas sépticas tan solo se alcanzan niveles de tratamiento primario, los efluentes de las mismas precisan, normalmente, ser sometidos a tratamientos posteriores.

El empleo de este tratamiento está especialmente recomendado como tratamiento primario para tratar residuos generados en residencias aisladas, grupos de viviendas y otras instalaciones de pequeña entidad poblacional. También pueden ser empleadas en instalaciones de mayor tamaño como etapa previa de otros tratamientos como humedales artificiales, filtros intermitentes de arena, filtros de turba..., si bien, su aplicación no suele superar el rango de los 200 habitantes equivalentes. [3]

De acuerdo con lo arriba expresado se puede afirmar que el sistema actual de depuración en el municipio de Camprovín se ha quedado obsoleto. Lo que era suficiente hasta hace unos años, ya no lo es. No tiene capacidad para depurar de forma adecuada las aguas vertidas al Barranco del Soto, especialmente durante los periodos estivales, en que la población aumenta considerablemente, convirtiéndose este en su principal problema.

Además, se pueden definir como inconvenientes los impactos olfativos en las inmediaciones de la fosa séptica, como consecuencia de los gases que se escapan de las mismas y en los que se encuentran compuestos azufrados [3]. Los fangos y flotantes se van acumulando en el interior de la fosa séptica y precisan ser extraídos periódicamente, en el caso de un mal mantenimiento pueden originar un problema de olores.

Por otro lado, al alcanzarse solo niveles de tratamiento primario precisan de tratamientos complementarios en la mayoría de las ocasiones. En el caso del municipio de Camprovín la fosa séptica no cuenta con otros tratamientos complementarios, por lo que su vertido no cumple con los requerimientos exigidos en cuanto a límites de depuración. Sobre todo, al tratarse de zonas rurales que usan directamente el agua del Barranco del Soto, tanto para autoconsumo como ganadería o agricultura.

Como se ha comentado anteriormente, a escasos metros aguas debajo de Camprovín, el Barranco vierte sus aguas al Najerilla, uno de los ríos más importantes de la comunidad autónoma de La Rioja que atraviesa y abastece a la Comarca de Nájera en su totalidad. Destacado también su coto de pesca truchera.

3.1. Datos analíticos de entrada y salida de la fosa séptica de Camprovín.

A continuación, se presentan los valores facilitados por el Consorcio de Aguas y Residuos de La Rioja [6] en cuanto a los datos analíticos de entrada y salida de la fosa séptica de Camprovín.

El periodo de registros va desde julio de 2015 hasta febrero de 2017, fecha en la que se conocen los últimos datos, ya que fue el momento en el que el documento fue expedido.

Como se puede ver en la tabla 1, los datos no han sido recogidos siguiendo un orden en cuanto a meses y años. Se puede encontrar en un mismo mes distintas anotaciones como pasar meses sin ningún valor. Además, algunas fechas carecen de datos de entrada a la fosa, pero si están registrados los de la salida. Se desconoce el porqué de este hecho.

Otro factor que llama la atención es que los valores aparecen sin unidades. Se decide interpretar que tanto la DQO como los SS corresponden con las unidades de g/m^3 para poder compararlos con los objetivos de calidad exigidos en el efluente. Otro dato del que no se tiene conocimiento es la DBO.

A pesar de esto, sirven para conocer la situación actual de la fosa séptica a grandes rasgos y poder hacer un pequeño análisis.

Tabla 1. Datos analíticos de entrada y salida de la fosa séptica en Camprovín

Fecha	ENTRADA A FOSA				SALIDA FOSA			
	SS	DQO	pH	CONDUCT	SS	DQO	pH	CONDUCT
07/07/2015	380	1070	7,6	4620	248	874	6,8	2970
14/07/2015	400	689	7,9	1673	284	680	6,8	3160
30/07/2015					272	780	6,9	4860
26/10/2015					224	736	6,9	4310
24/11/2015	1246	5965	6,6	2110	127	284	7	1890
05/04/2016	126	198	7	355	104	257	7,2	1379
04/05/2016					130	522	7,4	3120
24/05/2016					132	823	7,2	2790
19/07/2016					106	702	7,2	3330
15/09/2016					640	1298	7	2450
04/10/2016	224	834	7,3	3220	108	416	8,33	1415
18/10/2016	600	1472	8,27	1991	200	789	7,16	1290
04/11/2016	224	1139	6,54	3550	130	435	6,72	4320
15/11/2016	4100	9200	7,76	1520	110	565	6,88	2460
30/11/2016	186	539	7,15	1181	66	260	7,01	840
16/12/2016	272	909	7,77	2600	108	98	7,02	892
11/01/2017	672	3880	6,71	9020	140	463	6,89	2240
31/01/2017	202	784	7,07	2800	212	586	7,93	1945
21/02/2017	148	1610	7,27	2180	90	880	6,93	2790

Para poder sacar una conclusión acerca de estos datos se van a comparar con los valores recogidos en los objetivos de calidad del efluente descritos en el Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales [7] que son los descritos en la tabla 2.

Tabla 2. Objetivos de calidad del efluente.

DBO ₅	<25	g/m ³
SS	<35	g/m ³
DQO	<125	g/m ³
NTK	≤15,0	g/m ³
P _T	≤1,0	g/m ³

Debido a la escasa cantidad de datos, solo se pueden comparar los SS y la DQO, ya que no se conocen valores de la DBO₅. Aceptando como válidos los últimos valores registrados y comparándolos con los de la tabla 2, se puede concluir que los datos a la salida no cumplen con los objetivos de calidad.

Por todo ello, ante la necesidad de un tratamiento adecuado que cubra los niveles exigidos en la depuración de aguas se hace imprescindible la construcción de una nueva EDAR.

4. OBJETO DEL PROYECTO

En el presente proyecto se pretende buscar la solución más adecuada ante los problemas planteados y obtener la correcta depuración de las aguas residuales del municipio.

Las actuaciones necesarias para solventar dichos problemas pasan por la construcción de una nueva Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) que garantice un correcto funcionamiento tanto en temporada baja como en temporada alta. Además de la capacidad de asumir un mayor caudal en un futuro si las condiciones así lo requieren. Para ello se realizará un estudio, definición y valoración de las instalaciones y servicios que integran la mejor solución y se incluirá la definición de los equipos y procesos necesarios para la correcta ejecución de la misma.

Igualmente se incluirán en el proyecto todas aquellas actuaciones necesarias para hacer funcional la estación depuradora. Entre ellas se encuentra un camino de acceso que garantice el tráfico de vehículos pesados tanto en periodos de obra como de explotación sin necesidad de cruzar el casco urbano, las conexiones necesarias tanto para meter el vertido a la EDAR como para devolverlo al cauce del río y un acondicionamiento de la fosa séptica actual ya que una vez puesta en marcha la depuradora dejará de tener utilidad. En consonancia con esto último se decide transformar la fosa séptica en un tanque de tormentas previo a la EDAR.

Finalmente, después de varias consideraciones se decide no incluir a Mahave dentro del proyecto de depuración debido a ser un núcleo aislado de muy pequeño tamaño y estar separado a gran distancia de Camprovín.

5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS: SISTEMA DE DEPURACIÓN

5.1. Descripción de los sistemas de depuración.

Para poder definir el proceso de depuración más adecuado según las características del proyecto se decide realizar un estudio de alternativas entre los posibles métodos de depuración.

En primer lugar, se debe conocer que las aguas residuales generadas en pequeños núcleos de población difieren tanto en caudal como en composición de las generadas en las medianas y grandes aglomeraciones, debido tanto al diferente grado de desarrollo económico y social de la población, como a su condición de tamaño reducido, que las hace muy sensibles a cualquier alteración en sus condiciones. Las grandes poblaciones poseen una capacidad laminadora, por su superficie de aportación y caudal, con la que no cuentan las pequeñas aglomeraciones urbanas. La dotación de agua por habitante en este tipo de poblaciones suele ser menor, debido a que en muchos casos se trata de poblaciones rurales con un menor desarrollo económico.

Por otro lado, los cambios estacionales de población también tienen una gran influencia en los vertidos de las pequeñas aglomeraciones, alterando de manera considerable sus características y el impacto que ejercen en el medio receptor. Estas variaciones estacionales complican y encarecen el diseño de las instalaciones de depuración.

Las menores dotaciones de abastecimiento que, de forma general se registran en las pequeñas aglomeraciones, tienen una repercusión directa en la composición de las aguas residuales que se generan. La menor dilución de los contaminantes evacuados por la población, conlleva a un incremento de la concentración del vertido. Como resultado, las pequeñas poblaciones se caracterizan, en general, por generar menores volúmenes de aguas residuales, pero más concentrados.

En materia de tratamiento de aguas residuales, las pequeñas aglomeraciones precisan actuaciones que compatibilicen las condiciones exigidas a los efluentes depurados con técnicas de funcionamiento sencillas y con costes de explotación y mantenimiento asumibles. [3]

Una vez conocidos los límites de calidad del vertido y las garantías que este debe cumplir, a la hora de diseñar una Estación Depuradora de Aguas Residuales se deberá tener en cuenta una amplia gama de variables tales como [7]:

- Tamaño de la población servida. Industrias presentes, tipo de contaminación.
- Oscilaciones de carga y caudal en el tiempo.
- Posibles destinos de los residuos generados: basura y fangos.
- Eventual reutilización del efluente.
- Nivel de profesionalización del personal requerido
- Orografía del terreno
- Coste del suelo, disponibilidad de terrenos y proximidad a la población servida.
- Impacto ambiental.

Algunos de estos parámetros quedan definidos en distintos apartados y anejos que forman en proyecto. Otros como el estudio ambiental se desarrollan en el Anejo 4. Estudio Ambiental.

A continuación, se procederá al análisis de los distintos métodos de depuración teniendo en cuenta lo arriba expuesto.

La cantidad de tratamientos aplicables a la depuración de vertidos generados en las pequeñas aglomeraciones urbanas es muy amplia. El correcto funcionamiento de los pretratamientos y tratamientos primarios repercute muy significativamente en el resto de los elementos integrantes de la estación depuradora. En el caso de las pequeñas poblaciones pueden constituir el único tratamiento que reciban las aguas residuales antes de su vertido. [3]

Para un análisis más exhaustivo se divide el tratamiento en la línea de aguas y la línea de fangos.

A su vez la línea de aguas está formada por diferentes fases, las cuales son características de cada estación depuradora, ya que se escogerán en función de las necesidades a cubrir en cada caso.

Las posibles fases presentes en los tratamientos de la línea de aguas residuales son [1] [8]:

- Pretratamiento.
- Tratamiento primario.
- Tratamiento secundario o biológico.
- Tratamiento terciario o avanzado.
- Desinfección.

5.1.1. Línea de aguas.

5.1.1.1. Pretratamiento.

Las aguas residuales antes de su depuración propiamente dicha, se someten a una etapa de pretratamiento, que consta de una serie de operaciones físicas y mecánicas, que tienen por objeto separar la mayor cantidad posible de materias (sólidos gruesos, arenas, grasas) que, por su naturaleza o tamaño, puedan dar lugar a problemas en las etapas posteriores del tratamiento.

Las distintas operaciones que constituyan el pretratamiento dependerán, en cada actuación concreta, de la calidad del agua bruta de entrada, del tipo de tratamiento posterior adoptado y del tamaño de la población, entre otros. [3]

Entre los tres posibles métodos de pretratamiento más utilizados en las pequeñas poblaciones se encuentran: desbaste, desarenado y desengrasado.

- Desbaste.
El desbaste es, generalmente, el primer proceso en el tratamiento de las aguas residuales y su misión es la eliminación de sólidos de tamaño pequeño mediano, mediante su intercepción en rejillas y/o tamices.
- Desarenado.
La etapa de desarenado tiene por objeto la eliminación de la mayor parte de la materia más densa presente en las aguas residuales, con un diámetro superior a 0,2 mm, para evitar su sedimentación en canales, conducciones y unidades de tratamiento, y para proteger a las bombas de la abrasión.
Se coloca generalmente después del desbaste y antes del tratamiento primario.

- **Desengrasado.**

Esta operación tiene por misión eliminar las grasas y demás materias flotantes más ligeras que el agua.

Las operaciones de desarenado y desengrasado se pueden hacer de forma conjunta mediante los denominados desarenadores-desengrasadores.

Por otro lado, la etapa de desengrasado puede obviarse cuando se disponga de un tratamiento primario posterior y el contenido en grasas de las aguas residuales no sea elevado, ya que las pocas grasas que lleguen a la planta se recogerán en la superficie de dicho tratamiento.

5.1.1.2. Tratamiento primario

Se define al tratamiento primario como el tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o fisicoquímico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos, en los que la DBO₅ de las aguas residuales que entren se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos, en un 50%.

El principal objetivo de los tratamientos primarios se centra en la eliminación de sólidos en suspensión (flotantes y sedimentables), consiguiéndose, además, una cierta reducción de la contaminación biodegradable, dado que una parte de los sólidos que se eliminan está constituida por materia orgánica. [3]

En el caso de las pequeñas aglomeraciones urbanas, los tratamientos primarios más empleados vienen representados por las fosas sépticas, los tanques Imhoff y decantadores primarios. [3]

- **Fosas sépticas.**

Son dispositivos que permiten un tratamiento primario de las aguas residuales, reduciendo su contenido en sólidos en suspensión, tanto sedimentables como flotantes.

- **Tanques Imhoff.**

Los tanques Imhoff permiten un tratamiento primario de las aguas residuales reduciendo su contenido en sólidos en suspensión, tanto sedimentables como flotantes. Constan de un único depósito en el que se separan la zona de sedimentación, que se sitúa en la parte superior, de la zona de digestión de los sólidos decantados, que se ubica en la zona inferior del depósito.

- **Decantadores primarios.**

El objetivo de la decantación primaria es la eliminación de una parte importante de los sólidos en suspensión presentes en las aguas residuales, bajo la acción de la gravedad. Por tanto, solo se eliminarán sólidos sedimentables y materias flotantes.

5.1.1.3. Tratamiento secundario o biológico.

El tratamiento secundario de depuración constituye una serie de importantes procesos de naturaleza biológica de tratamiento de aguas residuales que tienen en

común la utilización de microorganismos para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto coloidal como disuelta, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P). [9]

Los tratamientos secundarios se diferencian en dos grupos: extensivos e intensivos. Los tratamientos secundarios extensivos están basados en la imitación de los procesos de depuración que ocurren de forma natural en los suelos y en los cuerpos de agua. Requieren una gran superficie de implantación, pero, generalmente, no necesitan un aporte externo de energía. Por otro lado, los tratamientos secundarios intensivos se caracterizan por emplear un suministro externo de energía que acelera el proceso de depuración, por lo que requieren menor superficie que las tecnologías extensivas. [3]

Se detallan a continuación las tecnologías extensivas más empleadas para el tratamiento de las aguas residuales generadas en las pequeñas aglomeraciones urbanas: humedales artificiales, filtros intermitentes de arena, infiltración –percolación, filtros de turba y lagunaje. [3]

- Humedales artificiales.
Consiste en un sistema de depuración en el que se pretende reproducir los procesos de eliminación de los contaminantes que tienen lugar en las zonas húmedas naturales. Para ello se impermeabiliza el confinamiento del humedal, se colocan las plantas que lo van a colonizar y se añaden sustratos diferentes al del terreno original con el fin de producir el enraizamiento con las plantas.
La depuración de las aguas tiene lugar al hacerla circular a través de estos humedales en los que se desarrollan procesos físicos, químicos y biológicos. Actúa pues como un complejo ecosistema.
- Filtros intermitentes de arena.
Son lechos poco profundos, dotados de un sistema superficial de distribución del agua a tratar y de un drenaje inferior para la recogida de los efluentes tratados. Las aguas residuales atraviesan verticalmente el sustrato filtrante.
- Infiltración-percolación.
Este tratamiento se basa en una filtración biológica anaerobia sobre soporte granular fino. Para ello, las aguas a tratar se hacen pasar a través de un medio granular insaturado, que sirve de soporte para la fijación de la biomasa bacteriana, principal responsable, mediante los procesos aerobios de degradación, de la eliminación de los contaminantes presentes en las aguas residuales.
- Filtros de turba.
El tratamiento de filtros de turba se basa en la filtración de las aguas residuales a través de lechos que emplean la turba como material filtrante. Este sustrato presenta un conjunto de propiedades fisicoquímicas que lo hacen especialmente apto para este tipo de depuración.
Están constituidos por recintos en los que se disponen una serie de capas filtrantes, cuya composición de arriba hacia abajo suele ser: turba, gravilla y grava.
Las aguas residuales a su paso por la capa de turba experimentan una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, que dan como resultado

unos efluentes depurados. La acción de depuración se realiza principalmente en la capa de turba.

- **Lagunaje.**

La tecnología de lagunaje consta de varias lagunas conectadas en serie, en las que la profundidad de las mismas va disminuyendo gradualmente, combinándose condiciones de ausencia y presencia de oxígeno, y en las que se reproducen los fenómenos de autodepuración.

Por otro lado, se encuentran los tratamientos secundarios intensivos. Estas tecnologías intensivas se caracterizan debido a que los procesos de depuración en los que se basan transcurren de formas secuencial en tanques y reactores y a velocidades aceleradas gracias al aporte de oxígeno. [3]

Dentro de este tipo de tecnologías se encuentran: aireación prolongada, lechos bacterianos, contactores biológicos rotativos, reactores secuenciales discontinuos y sistemas de biomasa fija sobre lecho móvil.

- **Aireación prolongada.**

Es una variante dentro de los procesos de fangos activos para el tratamiento biológico de las aguas residuales en condiciones aerobias.

El agua residual se introduce en una cuba de aireación o reactor biológico, en el que se mantiene un cultivo bacteriano en suspensión, formado por un gran número de microorganismos agrupados en flóculos. Las condiciones aerobias en el reactor se logran mediante el empleo de aireadores mecánicos o aireadores por difusión. El sistema de aireación además de oxigenar, evita la sedimentación de los flóculos.

Tras un cierto tiempo la mezcla pasa a un decantador o clarificador cuya función es separar el efluente depurado de los fangos.

- **Lechos bacterianos.**

Los lechos bacterianos, conocidos también como filtros percoladores, se trata de un proceso aerobio, en el que el agua residual percola por gravedad a través de un material de relleno, que constituye el material de soporte sobre el que se desarrollan y crecen los microorganismos, formando una biopelícula de espesor variable. El material de relleno se encuentra fijo, en el interior del reactor, presentando una elevada superficie específica.

- **Contactores Biológicos Rotativos. (CBR)**

Son sistemas de tratamiento de las aguas residuales, en los que los microorganismos se hallan adheridos a un material soporte, que gira semisumergido (aproximadamente el 40% de su superficie) en el agua a depurar.

Al girar lentamente, el soporte expone su superficie alternativamente al agua y al aire.

- **Reactores Secuenciales Discontinuos. (SBR)**

El tratamiento de las aguas residuales mediante reactores secuenciales discontinuos se encuadra dentro de la modalidad de fangos activos y presentan la peculiaridad de que la degradación de los contaminantes y la decantación ocurren en un solo reactor, en etapas separadas temporalmente.

Los SBR operan en uno o más ciclos, que se componen de las siguientes fases: llenado, reacción, sedimentación, vaciado y fase iniciativa.

La duración de cada una de las etapas y del ciclo completo de tratamiento se programa en función de los objetivos de depuración que se quieran alcanzar.

- Sistema de Biomasa Fija sobre Lecho Móvil.

Estos sistemas pueden ser considerados tecnologías a caballo entre los procesos de cultivo en suspensión y los procesos de cultivo fijo o de biopelícula.

El principio básico de este método es el crecimiento de la biomasa en soportes plásticos, que se encuentran en suspensión en el reactor biológico. El movimiento de estos soportes puede lograrse por los propios sistemas de aireación, en el caso de procesos aerobios, o mediante dispositivos mecánicos en el caso de reactores anóxicos o anaerobios.

Con los sistemas de biomasa fija sobre lecho móvil se persigue aumentar la capacidad de tratamiento de los reactores convencionales, incrementando la cantidad de microorganismos presentes en el sistema, sin el correspondiente aumento del volumen de los reactores.

5.1.1.4. Tratamiento terciario o avanzado

El tratamiento terciario, también conocido como tratamiento avanzado, complementario o de afino. Tiene como objetivo la eliminación de los sólidos en suspensión, la materia orgánica residual, nutrientes y patógenos. [1] [8]

Es un complemento a la depuración de aguas residuales para adaptar la calidad de las mismas a las normas establecidas según su uso y destino.

Todo ello se consigue con procesos físicos, químicos y biológicos.

- Filtración.

Consiste en el paso de agua residual con materia en suspensión a través de un medio poroso (filtro) que retiene los sólidos dejando pasar el agua clarificada. Hay diferentes tipos de filtración.

También puede considerarse tratamiento primario.

- Adsorción sobre carbón activo

Consiste en la fijación de solutos (adsorbatos) presentes en aguas residuales sobre la superficie de un material adsorbente. Su principal objetivo es eliminar la MO no biodegradable disuelta y controlar sabores y olores.

- Eliminación de nutrientes

Este tratamiento sirve para eliminar el N y el P. Para cada uno de ellos el método a seguir será diferente.

Este tratamiento biológico de bionutrientes se suele hacer con el tratamiento secundario añadiendo parte anóxica.

- Intercambio iónico

Se basa en la eliminación de las sales disueltas. Los iones en disolución desplazan a los iones insolubles adheridos a una resina intercambiadora.

- **Proceso de membrana: osmosis inversa**
Este tratamiento también se utiliza para la eliminación de las sales disueltas. Consiste en la separación de sales a través de una membrana semipermeable que solo deja pasar el agua, aplicando una presión superior a la presión intersticial.
- **Desinfección**
Su objetivo es la eliminación de organismos patógenos (bacterias, virus y otros parásitos) del agua.
Se puede conseguir con dosis de cloro, dosis de derivados del cloro como el ClO_2 , con dosis de ozono u otros reactivos.

5.1.2. Línea de fangos

En el tratamiento de las aguas residuales se generan unos subproductos conocidos como fangos, en los que se concentra la mayor parte de la contaminación eliminada en las aguas y cuyo tratamiento y evacuación son complejos y costosos. [3]

La cantidad y calidad de fangos producidos en una EDAR dependen tanto del tipo de aguas residuales influentes como de las tecnologías de depuración aplicadas para el tratamiento de las mismas. Existen tecnologías en las que se genera poca cantidad de fangos (Humedales Artificiales, Lagunajes, Filtros de Turba, etc) y otras en las que se generan cantidades considerables (Aireaciones Prolongadas, sistemas de biopelícula, etc)

Genéricamente, los fangos generados se clasifican en fangos primarios y fangos secundarios.

Los fangos primarios, generados en los decantadores primarios son residuos pesados, con un contenido en materia orgánica del 60 al 70 % aproximadamente y, debido a su tamaño, de asimilación microbiana lenta. Estos fangos no han sufrido un tratamiento biológico por lo que son altamente inestables y putrescibles, generando malos olores. Su color es normalmente gris, con altos contenidos de sólidos fecales y otros tipos de desechos. Liberan fácilmente su agua de constitución y se espesan bien, variando su contenido en humedad entre el 95-99%.

Por su parte, los fangos secundarios son los sólidos procedentes de los reactores biológicos, que son separados en el clarificador secundario. Según el régimen de operación del sistema, la materia orgánica puede estar parcialmente descompuesta, o con un elevado grado de mineralización. Su color es marrón oscuro y tienen un olor a tierra húmeda no desagradable, pero en su descomposición posterior se pueden hacer sépticos y generar olores desagradables. Su contenido en humedad varía entre el 98-99,5% y con dificultades de concentrar. Pueden espesarse directamente o enviarse a la decantación primaria, donde decantan conjuntamente con los fangos primarios, dando lugar a los fangos mixtos.

Se puede concluir por tanto que los fangos generados en las estaciones de tratamiento de aguas residuales presentan las siguientes características:

- Un elevado porcentaje de agua (95-99%), por lo que ocupan un volumen importante y son de difícil manipulación.
- Una alta concentración de materia orgánica, por lo que entran fácilmente en descomposición, generando malos olores.
- Una gran cantidad de organismos patógenos, causantes de enfermedades.

Desde el punto de vista del marco normativo, los fangos o lodos de depuradora (LD) tienen consideración de residuos, en principio no peligrosos, salvo que existan vertidos industriales contaminantes tóxicos y peligrosos.

Según el Segundo Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales [10], los tratamientos aplicados actualmente en las EDAR son los siguientes:

- Digestión anaerobia mesofílica, con o sin aprovechamiento energético.
- Digestión anaerobia mesofílica, con o sin aprovechamiento energético del metano, seguida, en algunos casos, de compostaje y en otros de secado térmico, que puede ser seguido en algún caso por incineración.
- Deshidratación y compostaje.
- Deshidratación y secado térmico.
- Deshidratación, secado térmico y compostaje.
- Estabilización aerobia, con o sin compostaje posterior.
- Estabilización química.
- Secado químico e incineración.
- Secado térmico y coincineración en cementeras.

Al igual que ocurre con el tratamiento de las aguas residuales, la gestión y el tratamiento de los fangos en pequeñas poblaciones están condicionados por los escasos recursos económicos y técnicos que, generalmente, caracterizan a este tipo de núcleos. Asimismo, en ocasiones, la cantidad que se genera de fangos es insuficiente como para disponer de un tratamiento específico en la propia EDAR.

En función de la tipología de los fangos generados (grado de estabilización), se proponen las siguientes alternativas para su gestión:

1. En el caso de que el **fango no esté estabilizado** (plantas que sirven poblaciones entre 1000 -2000 he con decantación primaria), se recomienda su traslado a un centro de transferencia de residuos, o EDAR de mayor tamaño, dotada de línea de tratamiento de fangos y con capacidad suficiente para absorber los fangos procedentes de las pequeñas plantas de alrededor. En estos casos, en la EDAR de origen suelen disponerse un espesador de gravedad y/o tolva de almacenamiento prolongado. Mediante estas unidades se persigue reducir el volumen de residuos y, de esta forma, retrasar la retirada de los mismos y el coste asociado al transporte. En el caso de que se pretenda el uso “in situ” del fango, es posible la estabilización y deshidratación del mismo mediante la aplicación de Humedales Artificiales.
2. **Si el fango está estabilizado** (sistemas de decantación-digestión o fangos en exceso de Aireación prolongada) se pueden dar dos situaciones:
 - a. Si se va a realizar un uso local del fango (aplicación de agricultura u otro uso permitido), se procederá a su deshidratación in situ mediante Eras de Secado o Humedales Artificiales. Así mismo, cuando la gestión de pequeñas EDAR se realice de forma mancomunada o consorciada, se contempla el empleo de equipos portátiles para la deshidratación del fango, como por ejemplo una centrifuga transportable. Cuyos costes de adquisición, explotación y mantenimiento son compartidos por la mancomunidad.

Eras de secado. Tecnología de deshidratación “in situ” aplicable a fangos previamente estabilizados o con alto grado de mineralización.

Existen cuatro tipos distintos: convencionales de arena, pavimentadas, de medio artificial y por vacío. Las más extendidas y aplicadas en pequeñas poblaciones son las eras convencionales.

Las Eras de secado convencionales de arena está constituidas por una capa de material drenante, dividida en compartimentos, y sobre la que se vierte el fango en tongadas. La capa drenante suele estar compuesta por un lecho de arena (fina y gruesa), dispuesto sobre una capa soporte de grava de distintos tamaños.

El secado de los fangos en las eras se logra mediante drenaje (filtración) y evaporación.

Humedales Artificiales. El empleo de humedales artificiales no está muy extendido en España. Los lechos presentan una profundidad de unos 80 cm y están constituidos por distintas capas de gravas, con una capa de arena en la superficie.

Centrífugas. Las centrífugas empleadas para la deshidratación de los fangos consisten, esencialmente, en un tambor cilíndrico-cónico que alberga en su interior un tornillo helicoidal. Ambos elementos giran a gran velocidad. Al introducirse el fango en su interior, por efecto de la fuerza centrífuga, la parte más pesada (fangos) se deposita en la pared del tambor y es arrastrada por el tornillo hacia un extremo que gira a diferente velocidad. Mientras el agua sale por el extremo opuesto.

La mayoría de estos equipos controlan el par de torsión, lo que hace que sean equipos que rápidamente se adoptan a cualquier modificación de la calidad del fango o a su acondicionamiento, sin influir en su funcionamiento y apenas en su rendimiento (sequedad final del fango).

- b. En el caso de que no se contemple un uso local de los fangos, se recomienda el traslado de los mismos hacia una depuradora dotada de línea de fangos con capacidad para su absorción, o directamente a vertedero.

5.2. Elección del método de depuración.

Una vez conocidas las múltiples tecnologías posibles a aplicar en la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones se realiza un análisis para poder seleccionar el proceso más adecuado.

En líneas generales las EDAR están definidas hasta el tratamiento secundario. Cuando se necesitan tratamientos terciarios específicos en función del uso posterior se requerirían procesos de reutilización del agua, por tanto construcción de una ERA, Estación de reutilización del agua [1].

A la vista de la descripción desarrollada, se decide prescindir del tratamiento terciario. Ya que este tratamiento no suele ser habitual en proyectos de estas características. Al tratarse de una población pequeña, suele ser suficiente con un buen tratamiento primario y secundario adaptado a las necesidades de la zona a la que da servicio.

Igual que en apartado anterior se divide el proceso en dos: línea de aguas y línea de fangos.

5.2.1. Línea de aguas.

5.2.1.1. Pretratamiento.

Como se ha expuesto anteriormente la fase de pretratamiento consta de desbaste, desarenado y desengrasado.

De acuerdo con el Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones [3], la etapa de desengrasado puede obviarse cuando se disponga de un tratamiento primario posterior y el contenido en grasas de las aguas residuales no sea elevado, ya que las pocas grasas que lleguen a la planta se recogerán en la superficie de dicho tratamiento.

Por ello, se decide incluir como pretratamiento únicamente desbaste y desarenado.

Para el desarenado se aprovechará la arqueta de entrada, gracias a un rebaje de la solera de entrada. Funcionará como un desarenador estático de flujo horizontal. Con ello se pretende eliminar la materia más densa presente en las aguas residuales, con un diámetro superior a 0,2 mm.

El desbaste tiene como misión la eliminación de sólidos de tamaño pequeño-mediano, mediante su intercepción en rejillas y/o tamices. Se dotará la planta de ambos métodos, uno en el canal principal y otro en el canal secundario (o de emergencia).

Para el canal principal se decide colocar un tamiz rotativo o rototamiz, ya que es uno de los más recomendables para pequeñas poblaciones. Su funcionamiento consiste en la colocación de una malla sobre un cilindro giratorio que se coloca en el canal. El agua puede circular de dos formas diferentes:

- a) entrando por un extremo del tambor y saliendo a través de la superficie del tamiz, reteniéndose los sólidos en la parte interior del tambor
- b) entrando por la parte exterior del tambor y saliendo por su interior, reteniéndose las partículas de mayor tamaño que las ranuras en la superficie exterior.

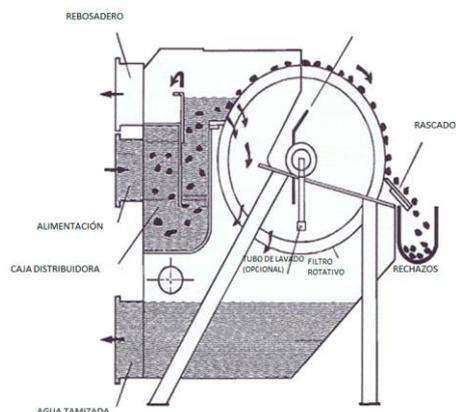


Figura 3. Funcionamiento del tamiz rotativo o rototamiz. [41]

Por otro lado, el canal secundario estará compuesto por una reja de gruesos de limpieza manual. El paso libre que dejan estas rejillas entre barrotes es de 20 a 60 mm. Al ser de limpieza manual van equipadas con un cestillo perforado para acumular los

sólidos que son retirados de las rejas. El cestillo permite el escurrimiento del exceso de agua del desbaste, de modo que cuando se retiran los residuos, para su disposición final, la cantidad de agua en ellos sea la mínima. [3]

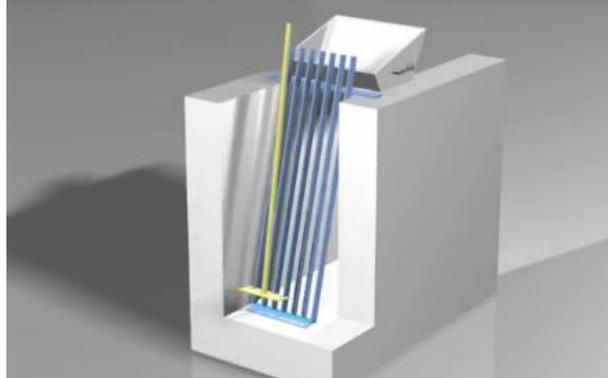


Figura 4. Reja de gruesos de limpieza manual. [13]

5.2.1.2. Tratamiento primario.

El principal objetivo de los tratamientos primarios se centra en la eliminación de sólidos en suspensión (flotantes y sedimentables), consiguiéndose, además, una cierta reducción de la contaminación biodegradable, dado que una parte de los sólidos que se eliminan está constituida por materia orgánica.

En el caso de las pequeñas aglomeraciones urbanas, los tratamientos primarios más empleados vienen representados por las fosas sépticas, los tanques Imhoff y decantadores primarios.

Se decide escoger como método de depuración los decantadores primarios. Mediante este método se elimina una parte de los sólidos en suspensión presentes en las aguas residuales, bajo la acción de la gravedad. Por tanto, en esta etapa tan solo se eliminarán sólidos sedimentables y materias flotantes, permaneciendo inalterables los sólidos coloidales y disueltos.

La retirada previa de estos sólidos es primordial, ya que en caso contrario originarían fuertes demandas de oxígeno en las fases siguientes.

Se proyecta un decantador estático, ya que es una buena solución para caudales pequeños y poblaciones inferiores a 2000 habitantes. [3]

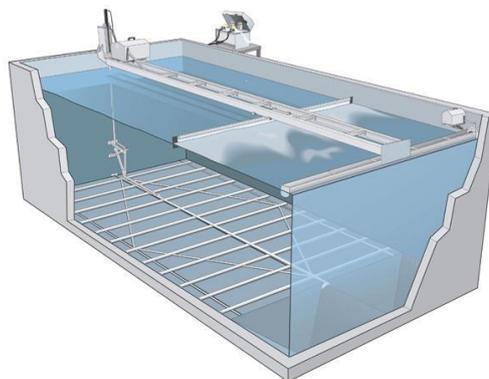


Figura 5. Decantador estático rectangular. [42]

5.2.1.3. Tratamiento secundario o biológico.

Como parte del tratamiento secundario se decide aplicar las tecnologías intensivas en esta ocasión para evitar una mayor expropiación.

Dentro de estos tratamientos secundarios intensivos existe: aireación prolongada, lechos bacterianos, contactores biológicos rotativos (CBR), reactores secuenciales (SBR) y reactores de biopelícula sobre lecho móvil (MBBR). [3]

El tratamiento biológico se realiza en reactores biológicos. Conceptualmente suelen agruparse en dos grandes grupos: reactores de biomasa fija y reactores de biomasa en suspensión. Como su nombre indica la diferencia entre unos y otros reside en la forma en la que la biomasa se encuentra en el medio. Son ejemplos de biomasa fija los lechos bacterianos, los contactores biológicos rotativos o los biofiltros. En estos casos la biomasa microbiana se desarrolla sobre un soporte físico (piedras, arena o piezas de plástico) que rellenan el depósito. Ejemplos de instalaciones con biomasa suspendida son los fangos activos convencionales o los procesos de oxidación prolongada. En estos sistemas la biomasa microbiana se encuentra flotando en la masa de agua del reactor. En ambos tipos de sistemas es necesario proporcionar oxígeno a los microorganismos para que desarrollen su actividad biológica. El oxígeno es aportado por medio de aire captado de la atmósfera [7].

Debido al hecho de ser una población pequeña en la que se quiere priorizar un proyecto económico y que responda a las necesidades se establece como solución utilizar un sistema mediante biomasa fija (BF): filtro percolador, que garantice la nitrificación-desnitrificación.

La biomasa fija presenta numerosas ventajas. La principal los costes de operación y mantenimiento: el consumo de energía se reduce considerablemente y se instalan menos equipos, con lo que los costes de mantenimiento son menores.

En los últimos tiempos se han producido numerosas líneas de investigación que demuestran la posibilidad de alcanzar rendimientos entre el 60-80% del nitrógeno mediante el uso de filtros percoladores y biodiscos. Para ello se necesita disponer de los parámetros de diseño adecuados y, por supuesto, de las recirculaciones necesarias.

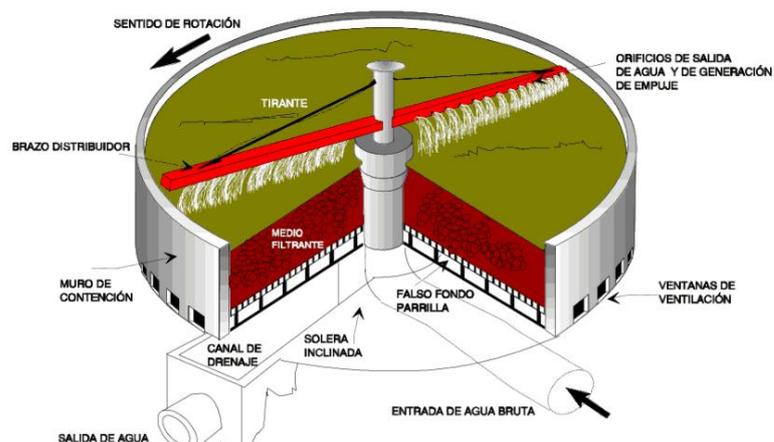


Figura 6. Filtro percolador. [43]

Por el contrario, esta tecnología tiene también sus inconvenientes: superficie ocupada y menor fiabilidad. La primera de ellas se reduce con el uso de decantadores lamelares y la segunda se puede mitigar con un diseño versátil.

Los olores y la presencia de vectores sanitarios se pueden reducir si al diseño versátil se le suma la operación profesional [11].

La decantación secundaria o clarificación final, se realiza en varios decantadores generalmente circulares dotados de rasquetas que van suspendidas de un puente radial, arrastrando el fango hacia la zona central del decantador, desde donde dicho fango es extraído. Según el tipo de proceso, una parte de este fango será recirculado de nuevo mediante bombas a la entrada del tratamiento biológico. Con esta recirculación se consigue concentrar los microorganismos hasta valores muy altos.

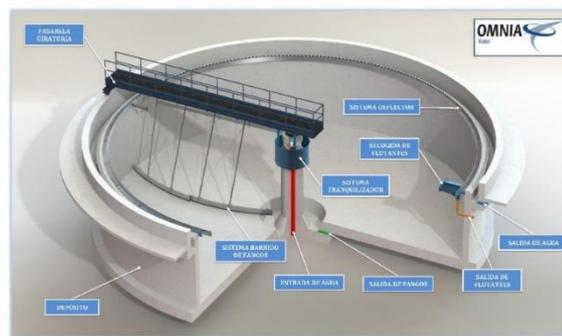


Figura 7. Decantador secundario por gravedad. [44]

Para mantener controlado el proceso hay que extraer continuamente fango. Las purgas de fango en exceso se pueden realizar desde el reactor biológico o desde la recirculación, esta última estará más concentrada [7].

5.2.2. Línea de fangos.

Al tratarse de una planta de depuración que sirve a una población equivalente menor a 1000 he, se recomienda el traslado de los fangos a una EDAR cercana de mayor tamaño, dotada de línea de tratamientos de fangos y con capacidad suficiente para absorber los fangos procedentes.

Aun así, como tratamiento previo al transporte, se dotará a la EDAR de un espesador por gravedad y una tolva de almacenamiento prolongado. Con estas dos medidas se persigue reducir el volumen de residuos y, de esta forma, retrasar la retirada de los mismos y el coste asociado al transporte. [3]



Figura 8. Tolva y espesador de fangos [12]

5.3. Conclusión.

Una vez realizado el estudio de alternativas acerca de las distintas tecnologías existentes en cuanto a la depuración de aguas en pequeñas poblaciones se considera como proceso más adecuado y por tanto el escogido como método de depuración el **Proceso de biomasa fija mediante filtro percolador**.

6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS: UBICACIÓN

A continuación, se definen y valoran las distintas alternativas posibles acerca de la ubicación para llevar a cabo las obras de depuración y vertido del municipio de Camprovín.

Para decidir el emplazamiento se han tenido en cuenta varios e importantes factores a la hora de valorar las distintas alternativas.

Se han estudiado un total de cuatro alternativas. En todas ellas el emisario comienza en la fosa séptica existente, situada en Carretera de Nájera, discurre en sus primeros metros por un camino de servidumbre y un tramo campo a través hasta tomar el camino del Arroyo, por donde discurre, en mayor o menor medida, hasta el emplazamiento de la EDAR.

Como forma de aprovechar la orografía natural del terreno, las cuatro alternativas que se plantean se han diseñado en la parte oeste del municipio. Se considera así para no tener que bombear y aprovechar la gravedad en la conducción del emisario hasta la EDAR. Además de asegurar soltar el efluente pasado ya el casco urbano y cerca de la desembocadura al río Najerilla.

La nueva EDAR será igual en cada una de las alternativas, manteniendo el diseño, por lo que se considerará como elemento común y no será objeto de estudio en este apartado.

En todas las alternativas se considera proyectar en sus primeros 400 metros la construcción de un nuevo camino por dos motivos:

- Dar acceso a las nuevas instalaciones sin pasar por el centro del casco urbano que dada la estrechez de las calles resulta inviable el paso de los vehículos pesados, tanto para la ejecución de las obras como para el futuro mantenimiento y explotación de las mismas.
- Ejecutar el emisario dentro de la franja expropiada por el nuevo camino, lo que facilita el mantenimiento y conservación del mismo en el futuro.

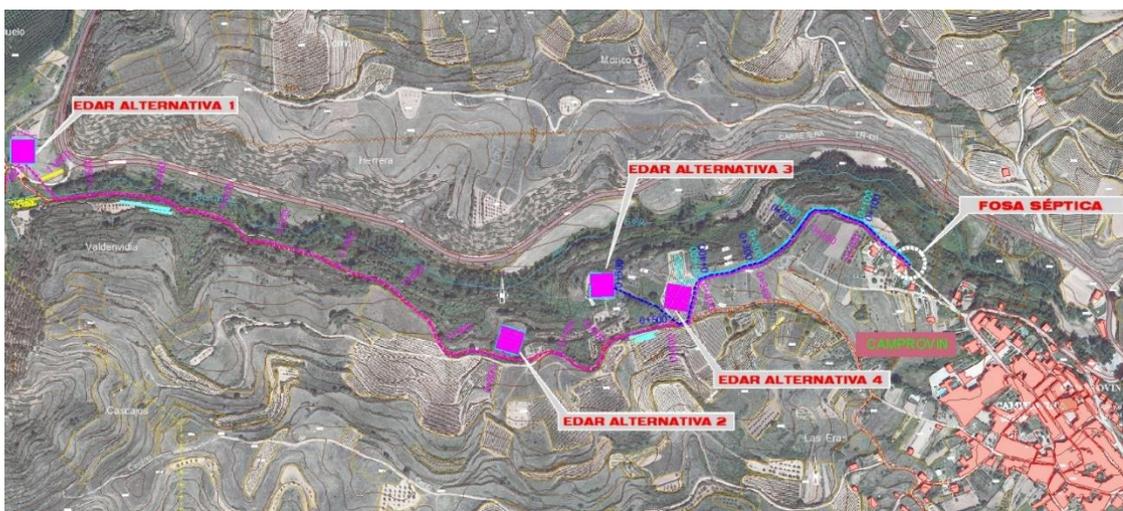


Figura 9. Situación en planta de las cuatro alternativas.

6.1. Alternativa 1

Es la alternativa en la que la EDAR se encuentra más alejada del municipio, se situaría en la margen derecha del Barranco del Soto, junto a la carretera LR-431.

El emisario contaría con una longitud de unos 1600 metros aproximadamente, discurrendo a través de zonas de servidumbre, huertas y zonas de cultivo y el camino del Arroyo. Finalmente abandonaría dicho camino para cruzar el Barranco del Soto y dirigirse a la explanada existente junto a la carretera LR-431.

La ubicación de la EDAR estaría prevista en una plataforma, formada por varias parcelas, con una suave pendiente que existe en la margen derecha del Barranco del Soto, junto a la carretera.

La parcela es atravesada por una línea aérea de telefonía por lo que sería necesaria su reubicación.

Por otro lado, sería necesario dotar de suministro eléctrico a la EDAR y para ello se debería construir una nueva instalación eléctrica aérea desde el punto facilitado por la compañía eléctrica.



Figura 10. Situación alternativa 1.

6.2. Alternativa 2

El emplazamiento de la futura EDAR se proyecta sobre la margen izquierda del Barranco del Soto.

El emisario cuenta con una longitud aproximada de 800 metros desde la fosa séptica hasta la ubicación final. Discurre por un camino de servidumbre en la mayor parte de su recorrido, después cruza campo a través huertas y zonas de cultivo y finalmente discurre por el Camino del Arroyo donde a mano derecha se situará la EDAR.

La ubicación de la EDAR estaría prevista en varias fincas situadas al lado del Camino del Arroyo.

Para dotar de suministro eléctrico a la EDAR sería necesario construir una nueva instalación eléctrica aérea, de aproximadamente unos 900 metros.

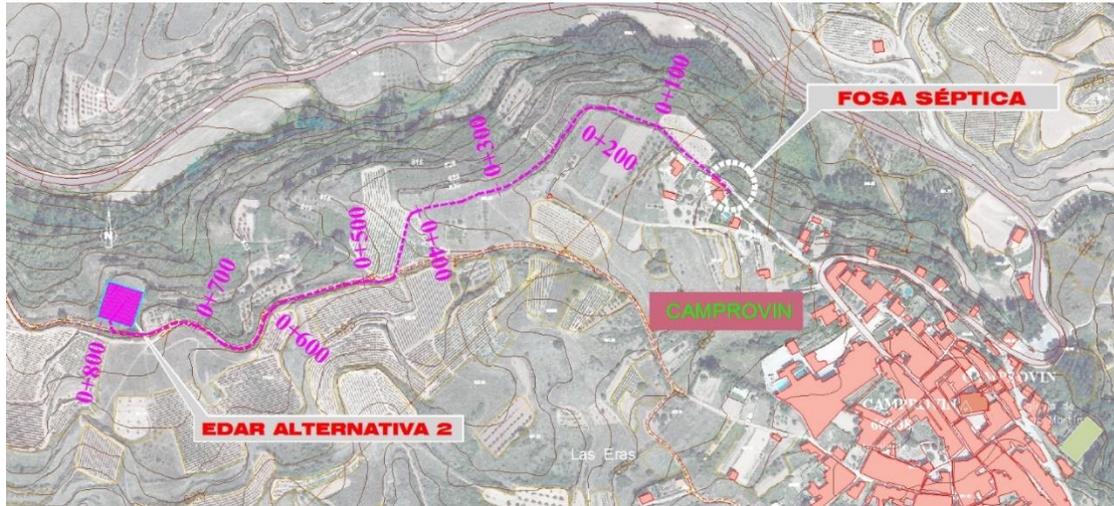


Figura 11. Situación alternativa 2.

6.3. Alternativa 3

Igual que en la alternativa anterior, la futura EDAR se ubicaría sobre la margen izquierda del Barranco del Soto.

El emisario tendría una longitud de 600 metros y discurriría por un camino de servidumbre en su mayor recorrido, los siguientes metros cruzaría una zona de cultivo y huertas y por último la traza discurriría por el camino existente hacia el manantial hasta el P.K. 0+600, en este punto, es donde se ubicaría la EDAR.

La ubicación de la EDAR estaría prevista en varias fincas situadas en la margen derecha del camino que baja al manantial.

Por último, sería necesario la construcción de una nueva instalación eléctrica aérea para dotar de suministro eléctrico a la EDAR. Esta nueva instalación tendría una longitud de 700 metros.

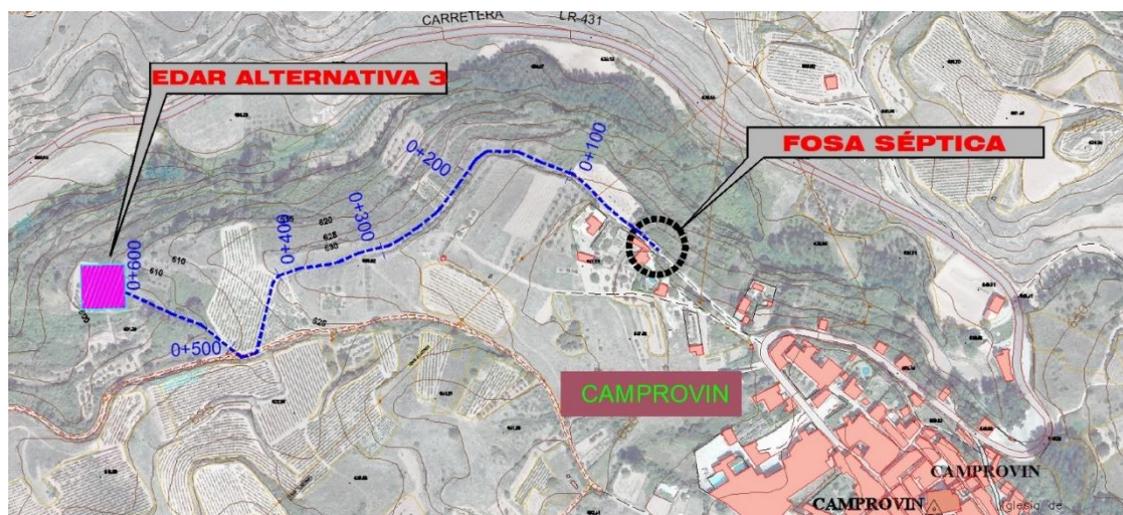


Figura 12. Situación alternativa 3.

6.4. Alternativa 4

Es la alternativa que se encuentra más próxima al casco urbano del municipio. Seguirá el esquema de las dos alternativas anteriores, situándose en la margen izquierda del Barranco del Soto.

El emisario tendría una longitud de 430 metros, durante los primeros 400 metros recorrería por un camino de servidumbre, para finalmente adentrarse campo a través por zona de cultivo, sería en esta ubicación donde se construiría la nueva EDAR.

La ubicación de la EDAR estaría prevista en unas parcelas que en su día estuvieron plantadas de viña pero en la actualidad están llecas.

Igual que en las anteriores alternativas, se debería dotar de suministro eléctrico la EDAR a través de la construcción de una nueva instalación eléctrica aérea. Se estima una longitud de 530 metros desde la EDAR al punto facilitado por la compañía eléctrica.

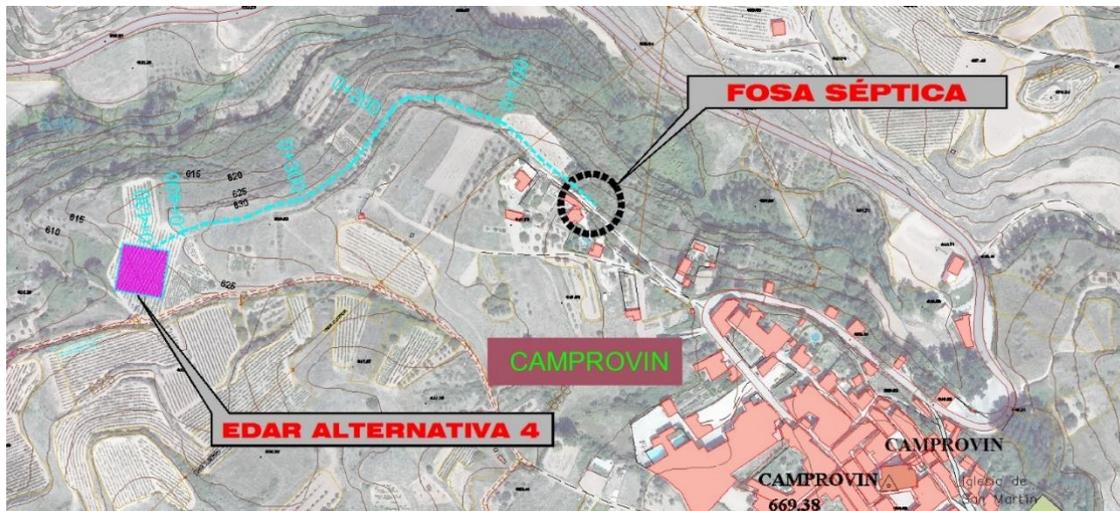


Figura 13. Situación alternativa 4.

6.5. Conclusión

Centrándose en que el diseño y método de depuración de la EDAR será el mismo sin importar la ubicación de esta y viendo que en todas las alternativas será necesario dotarlas de los mismos elementos: colector, línea eléctrica y emisario. Se llega a la conclusión de que el parámetro que determina en gran medida el presupuesto de ejecución material es la distancia de la fosa séptica a la nueva EDAR. Por ello, la alternativa 1 será la que tenga un presupuesto con un valor muy superior, debido a la lejanía de su ubicación y, por tanto, una cantidad muy superior de material. En contraposición, la alternativa 4 será la que garantice un menor presupuesto, llegando a reducirse incluso a la mitad.

A la vista de las valoraciones económicas la **alternativa 4 resulta la más ventajosa**. Además, la forma y topografía de la parcela donde se ubica la EDAR, considerada en este proyecto, presenta una pendiente que facilita el diseño de los elementos constructivos garantizando que el agua vaya pasando de uno a otro por gravedad, evitando así el bombeo.

7. DATOS DE PARTIDA Y RESULTADOS A OBTENER

Una vez definida la ubicación y el proceso de depuración que se va a seguir, es necesario conocer los datos de partida para poder calcular y dimensionar las distintas partes de la instalación.

7.1. Datos de partida

Para llevar a cabo el correcto dimensionamiento de la estación depuradora será necesario disponer de los datos básicos que caractericen el vertido a la entrada de la planta.

En el cuadro siguiente se presenta un resumen de los datos de partida calculados para el dimensionamiento de los procesos de depuración. Dichos datos quedan definidos de forma exhaustiva en el Anejo 3. Cálculos hidráulicos de la depuración de aguas.

Población y dotación

		T. Baja	T. Alta	
Población equivalente	Pe	605	757	He
Dotación	Dot	190	190	l/He·día

Caudales

		T. Baja	T. Alta	
Caudal medio diario	Qmd	115	144	m ³ /día
Caudal medio	Qm	4,8	6,0	m ³ /h
Caudal punta	Qp	14,37	18	m ³ /h
Caudal máximo	Qmax	35,93	45,00	m ³ /h

Contaminación

Dotaciones (Aporte carga por habitante equivalente)

		T. Baja	T. Alta	
Demanda química de oxígeno	DQO	120	120	g/he·día
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	60	60	g/he·día
Sólidos en suspensión	SST	70	70	g/he·día
Nitrógeno total	NTK	11	11	g/he·día
Fosforo total	P _T	1,8	1,8	g/he·día

Contaminación de entrada

		T. Baja	T. Alta	
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅ - e	316	316	mg/l
Demanda química de oxígeno	DQO - e	632	632	mg/l
Sólidos en suspensión	SST - e	368	368	mg/l
Nitrógeno total	NTK - e	58	58	mg/l
Fósforo total	Pt - e	9	9	mg/l

Carga contaminante

		T. Baja	T. Alta	
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	36,30	45,40	kg/d
Demanda química de oxígeno	DQO	72,6	90,8	kg/d
Sólidos en suspensión	SST	42,0	53,0	kg/d
Nitrógeno total	NTK	6,7	8,3	kg/d
Fósforo total	Pt	1,1	1,4	kg/d

Considerando una dotación de 190 l/he-día y una población en temporada alta de 757 He y 605 He en temporada baja para el diseño de la EDAR, se consideran cubiertas las necesidades de la depuración actual y futura.

7.2. Resultados a obtener

Los requerimientos en la depuración del agua residual vienen impuestos por la legislación. Según el artículo 4 de la Directiva 91/271 del tratamiento de aguas residuales urbanas, los requerimientos de depuración se fijan en base a dos requisitos:

- Rendimientos de depuración.
- Concentración en el vertido.

7.2.1. Características exigidas en el vertido final

Las características exigidas en la salida de la estación depuradora son:

Tabla 3. Características exigidas en el vertido [7]

DBO ₅ < 25 mg/l
DQO < 125 mg/l
Sólidos en suspensión < 35 mg/l
Reducción de MO en digestión > 40%
Sequedad fango deshidratado >25%
Nitrógeno total ≤ 15 mg/l
Fosforo total ≤ 1,0 mg/l

7.2.2. Rendimientos de depuración.

- Rendimientos exigidos al **tratamiento primario**, decantación primaria.

Tabla 4. Rendimientos exigidos al tratamiento primario [7]

Tratamiento primario	
Parámetro	% de eliminación
SS	55%
DBO ₅	30%
DQO	35%
N	10%
P	5%

- Rendimientos exigidos al **tratamiento secundario**, lechos bacterianos.

Tabla 5. Rendimientos previstos para tratamiento secundario [3]

Tratamiento secundario	
Parámetro	% Reducción
SS	85-95
DBO ₅	85-95
DQO	80-90
N	30-35
P	10-35

8. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Este apartado tiene como fundamento exponer los razonamientos técnicos y económicos que conducen a la solución adoptada en el proyecto. Es necesario tener en cuenta que no se incluye la justificación de todos y cada uno de los elementos, únicamente de aquellos necesarios para determinar el alcance e importancia del proyecto. El resto de justificaciones se realizará más adelante a lo largo de los diferentes apartados y anejos.

La solución desarrollada busca simplificar al máximo el proceso y por tanto el mantenimiento, todo ello garantizando el correcto funcionamiento de la planta y asegurando la obtención de los resultados exigidos por la normativa en cuanto al vertido de las aguas tratadas.

Todo el proceso de estudio y diseño del proyecto se ha realizado bajo los siguientes criterios:

- La distribución de todos los elementos de la EDAR se ha realizado atendiendo a la secuencia lógica del proceso y las características topográficas del terreno.
- Se ha llevado a cabo un diseño con el fin de minimizar los sistemas de bombeo a lo largo de la planta, de forma que el flujo sea, en la medida de lo posible, por gravedad.
- Flexibilidad en el dimensionamiento de todos los diferentes elementos que componen la planta, permitiendo así poder absorber las posibles variaciones que pudieran existir.
- Dotación de los elementos de reserva necesarios y homogeneidad entre las diversas unidades, a fin de posibilitar su intercambio y facilitar las operaciones de mantenimiento y explotación.

Finalmente, el proceso de depuración adoptado es el que se explica a continuación en el apartado 9 y consta de las siguientes partes:

1. Emisario: partirá de la fosa séptica y llegará hasta el pretratamiento.
2. Pretratamiento: Una vez que el vertido llega a planta pasará por un proceso de desarenado y a continuación se dividirá la línea en dos: una principal y otra secundaria o de emergencia.
3. Tratamiento primario: Dicho proceso se realizará mediante un decantador primario.
4. Tratamiento secundario: Constará de un lecho bacteriano o filtro percolador y posteriormente pasará a un decantador secundario.
5. Tratamiento de lodos: Tanto lodos primarios como secundarios pasarán por un espesador estático y un depósito de almacenamiento. Una vez se haya conseguido un cierto nivel de estabilización serán retirados a una planta que pueda tratarlos.
6. El vertido efluente se realizará al cauce del río, el Barranco del Soto.

La solución final cuenta también con un camino de acceso y un tanque de tormentas en el lugar donde antes estaba la fosa séptica.

9. DESCRIPCIÓN GENERAL Y FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

A continuación se van a describir las distintas actuaciones de las que consta el presente proyecto sobre el diseño de la Estación Depuradora de Camprovín.

- Estación Depuradora de Aguas Residuales
- Emisario
- Colector efluente
- Camino de acceso
- Tanque de tormentas

9.1. Emplazamiento de la EDAR

La ubicación de la estación depuradora está prevista en unas parcelas de titularidad privada situadas a la margen izquierda del Barranco del Soto, a unos 400 metro hacia el oeste desde el municipio. Dichas parcelas estuvieron plantadas de viña, pero en la actualidad están llecas.

La explanada de la EDAR diseñada ocupa una superficie total de 3727 m², y supondrá la expropiación definitiva de 4 parcelas en su totalidad y 3 parciales. Además la explanada cuenta con una importante pendiente que será aprovechada para el funcionamiento de la EDAR, garantizando el paso de un proceso a otro en su mayoría por gravedad, minimizando así el coste en el uso de bombas.

9.2. Funcionamiento de la EDAR

En primer lugar, se va a desarrollar el funcionamiento de la Estación Depuradora de Aguas Residuales. El proceso que a continuación se describe es el Proceso de Biomasa Fija mediante Filtro Percolador.

Se divide la explicación en línea de aguas y línea de fangos.

9.2.1. Línea de tratamiento de aguas.

Una vez conducidos los vertidos hasta la depuradora se proyecta una instalación para tratarlos. Estará integrada por los siguientes elementos.

9.2.1.1. Pretratamiento.

El agua residual llega al canal de entrada de la nueva estación a través del emisario, a la cota de 623,20 m, partiendo del tanque de tormentas.

A la entrada se proyecta un rebaje de la solera, de unos 30 cm, que actuará de desarenador y como medida de protección contra la llegada de sólidos que puedan causar el deterioro y mal funcionamiento del pretratamiento.

Una vez pasa la zona de desarenado, el canal pasa a dividirse en dos unidades, canal principal y canal secundario. En el canal principal se montará un tamiz rotativo y en el canal secundario una reja de gruesos de carácter manual. Se realiza esta división para que, en el caso de fallo mecánico o exceso de caudal, el agua pueda ser tratada antes de la entrada al

tratamiento primario o, al menos, haya tenido un mínimo tratamiento antes de su devolución al cauce.

9.2.1.1.1. Canal principal.

El pretratamiento, en el canal principal, está compuesto por un rototamíz de 3 mm de luz de malla dimensionado para tratar el caudal máximo estimado. Estará equipado con un sistema automático de limpieza mediante boquillas de agua a presión y controlado por una boya de nivel y un temporizador. Con este sistema se evitan los problemas de obstrucciones que pueden generar, en la línea de tratamiento, los residuos que contiene el agua.

En este canal se colocarán unas guías para que la tajadera del canal secundario sea intercambiable, para que, en caso de necesidad, se pueda cortar con la misma tajadera el canal principal.

Funcionamiento

El agua bruta atraviesa el tamiz de 3 mm de paso, el cual comenzará a colmatarse y se producirá una elevación de la lámina de agua. Dicha elevación será detectada por una boya de nivel que accionará el sistema de limpieza del tamiz.

Transcurrido un tiempo prefijado el sistema de limpieza se detendrá siempre y cuando el nivel de agua haya descendido.

Este sistema contará con un pulsador de parada de emergencia con enclavamiento, situado próximo al equipo, el cual impedirá el accionamiento del equipo en caso de emergencia o por mantenimiento.

9.2.1.1.2. Canal secundario.

La entrada de agua al canal secundario se producirá bien por avería en el tamiz del canal principal como por superarse el caudal máximo de diseño de éste.

A la entrada del canal secundario se instalará una compuerta de tajadera de 0,5 m de altura que funcionará como un aliviadero de pared delgada. Con la altura proyectada se evitará que el agua rebose por encima del tamiz del canal principal.

Posterior a la compuerta se instalará una reja de gruesos de 4 cm. Dicha reja será de limpieza manual. Tendrá un ancho entre barrotes de 6mm y una separación entre barrotes de 15mm.

9.2.1.1.3. Arqueta de salida del pretratamiento.

Los dos canales de los que se compone el pretratamiento, confluyen en una arqueta cuya solera se encuentra rebajada con respecto a la de los canales. La tubería de salida se encuentra en el fondo de la solera y se proyecta en DN-315 de PVC. Para proceder a la regulación del caudal de entrada al decantador primario, se reducirá el diámetro de la tubería de salida mediante una placa colocada sobre la tubería y con un orificio de diámetro acorde al caudal máximo de tratamiento de la planta. Cuando el agua alcance cierto nivel dentro de la arqueta, mediante un aliviadero en uno de los laterales de ésta, se producirá el rebose del agua a una arqueta de aliviadero y de ésta al Barranco del Soto. De esta forma se asegura que el caudal que no puede tratar la planta va a ser vertido al río ya tamizado, bien por el tamiz del canal principal bien por la reja del canal secundario.

9.2.1.2. Decantador primario.

Dado el sistema de depuración seleccionado se proyecta un decantador primario como tratamiento primario.

Se proyecta la instalación de un decantador de gravedad cuyos parámetros de diseño a caudal máximo han sido:

Velocidad ascensional: 2,20 m/s

Superficie: 25 m²

Tiempo de retención: 1,5 h

Carga sobre vertedero: 10 m³/h·m.

En base a los parámetros indicados, se proyecta un decantador de planta cuadrada de 5m de lado y una profundidad útil de 2,7 m.

Para la recogida del agua decantada se dispone de dos vertederos perimetrales conectados a la arqueta de salida del equipo, desde donde se conduce mediante una tubería de fundición hasta el filtro percolador por gravedad.

La alimentación de agua al decantador se realiza mediante una tubería que descarga en la campana deflectora situada en el centro del decantador.

La extracción de fangos se realiza mediante un sistema de rasquetas de barrido, sujetas a la pasarela, que lo conducen hasta una poceta central. Los fangos primarios serán extraídos por bombeo mediante una tubería de fundición DN-150 mm, hasta el espesador.

Este sistema contará con un pulsador de parada de emergencia con enclavamiento, situado próximo al equipo, el cual impedirá el accionamiento del equipo en caso de emergencia o por mantenimiento.

9.2.1.3. Filtro percolador.

Para el tratamiento biológico se ha adoptado un proceso de filtros percoladores.

El agua residual, después del tratamiento a nivel primario, realizado mediante un pretratamiento y un decantador primario, es transportada por su propio peso hasta el lecho bacteriano, donde se reparte en la superficie mediante un brazo distribuidor motorizado.

El lecho bacteriano está constituido por un recinto circular de 8 m de diámetro y 3,5 m de altura, relleno con una capa de grava silíceo lavada de 40-70 mm, sobre las rejillas de base que permiten la circulación de aire y la salida del agua tratada hacia el canal de recogida. La ventilación será natural.

A la salida del filtro se recoge el agua en una arqueta desde la que se puede dirigir al decantador secundario por gravedad o bien a la arqueta de recirculación también por gravedad.

Se ha diseñado el sistema de manera que se podría operar con el filtro a caudal constante. Con ese fin se ha situado la arqueta de recirculación (con agua proveniente del filtro) con bombas que permitan recircular un caudal que complete el que llega a la planta, hasta alcanzar el caudal necesario. Esto aseguraría además que, si por una avería no llegara agua a la instalación, no quedaría en seco, pues se recircularía todo el caudal que está en ese momento en tratamiento, sin desviar nada a decantación secundaria.

Además de la recirculación mencionada desde la arqueta de recirculación, es posible también programar la recirculación con el agua tratada proveniente del decantador secundario, mediante el accionamiento de una válvula motorizada que permite comunicar la arqueta de recirculación de agua tratada con la arqueta de salida. El agua recirculada llega a la salida del decantador primario.

Este sistema contará con un pulsador de parada de emergencia con enclavamiento, situado en la plataforma de acceso al filtro, el cual impedirá el accionamiento del equipo en caso de emergencia o por mantenimiento.

9.2.1.4. Arqueta de recirculación y de salida.

A la salida del filtro se proyecta una arqueta a la cual llegan únicamente las aguas del filtro percolador. De esta arqueta las aguas pueden pasar al decantador secundario por gravedad o pasar a la arqueta de recirculación.

En la arqueta de recirculación se recogen aguas provenientes de la arqueta del filtro percolador y de la arqueta de salida del decantador secundario. En ella se dispondrá una bomba que mueva el agua al principio del tratamiento secundario, para volver a ser tratada.

La arqueta de salida, por su parte, recoge las aguas provenientes del decantador secundario. De esta arqueta el agua puede pasar al colector y por tanto ser evacuada al Barranco del Soto o, a través de una bomba, puede recircularse a la arqueta de recirculación.

Para controlar el caudal de salida de la planta se dispondrá de un medidor de nivel por ultrasonidos y un vertedero triangular tipo Thompson.

9.2.1.5. Decantación secundaria.

Para la decantación secundaria se proyecta la instalación de un decantador de gravedad cuyos parámetros de diseño a caudal máximo han sido:

Velocidad ascensional: $1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$

Tiempo de retención: 1,5 h

Carga sobre vertedero: $\leq 1,5 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{ml}$

En base a los parámetros indicados, se proyecta un decantador de planta circular de 6m de diámetro, con una profundidad útil de 2,25 m y superficie de 30 m^2

Para la recogida del agua decantada se dispone de un vertedero perimetral exterior conectado a la arqueta de salida del equipo, desde donde se conduce mediante una tubería de fundición hasta restituirla al río.

La alimentación de agua al decantador se realiza mediante una tubería que descarga en la campana deflectora situada en el centro del decantador.

La extracción de fangos se realiza mediante un sistema de rasquetas de fondo sujetas a la pasarela, que lo conducen hasta una poceta central. Desde aquí es conducido hasta la arqueta de bombeo de fangos mediante tubería de fundición DN-200 mm.

Este sistema contará con un pulsador de parada de emergencia con enclavamiento, situado próximo al equipo, el cual impedirá el accionamiento del equipo en caso de emergencia o por mantenimiento.

9.2.2. Línea de tratamiento de fangos

Tanto para los fangos primarios como para los secundarios se proyectan una serie de equipos diferentes que a continuación se describen.

Ambos fangos serán recogidos y mezclados antes de entrar al espesador, pasando a ser lo que se conoce como fangos mixtos. Una vez en el espesador y tras aproximadamente 24 horas serán transportados hasta la tolva de almacenamiento, donde se acumularán hasta su recogida por parte del gestor de fangos y serán llevados a una planta de tratamiento de fangos.

9.2.2.1. Purga de fangos primarios

Para evacuar los fangos procedentes del decantador primario al espesador de fangos, se dispondrá de una bomba.

En temporada alta se prevé una producción de fangos primarios de 29,25 kg/día.

9.2.2.2. Purga de fangos biológicos

Los fangos procedentes del decantador secundario podrán ser trasladados a diferentes equipos de tratamiento. Para ello se dispondrán dos bombas, cada una con una función diferentes.

- a) Bomba 1: Recirculación de fangos al tratamiento primario.
Una vez acaben el proceso del tratamiento secundario los fangos podrán ser recirculados para volver a entrar al tratamiento secundario, justo a la salida del primario.
- b) Bomba 2: Evacuación al espesador de los fangos sobrantes del sistema.
Los fangos serán evacuados directamente al espesador estático, donde se juntarán con los fangos primarios y empezarán un proceso de espesamiento.

En temporada alta se prevé una producción de fangos de 21,94 kg/día.

9.2.2.3. Espesamiento de fangos

Para el espesamiento de los fangos se ha proyectado un espesador estático. Hasta aquí se transportan los fangos resultantes del tratamiento primario y del secundario.

Los parámetros de diseño del espesador son:

- Concentración media del fango espesado: 4% = 40 kg/m³.
- Tiempo de retención de los fangos ≥ 24 horas
- Carga hidráulica $\leq 0,09$ m³/m²·h
- Carga de sólidos ≤ 40 kg/ m²·día

El espesador es de planta circular, de 2 m de diámetro y una altura de 2,50 m. Trata un volumen máximo diario de 1,703 m³/ día.

Los fangos espesados pasan a la tolva de almacenamiento con una concentración del 4%.

9.2.2.4. Depósito de almacenamiento de fangos.

Para el depósito de los fangos se considera escoger una tolva de almacenamiento prefabricada del catálogo de Estruagua [13].

Descripción de la tolva según catálogo:

- Patas soporte: Las patas soporte están fabricadas normalmente en perfiles laminados en caliente IPE o UPN dependiendo de la capacidad de carga de la tolva. Cada equipo posee cuatro patas las cuales están soldadas eléctricamente a unas placas de unión o al propio cuerpo de la tolva.
- Cuerpo: Es de ejecución cilíndrica en su parte superior y cónica en la parte inferior, su espesor oscila entre 4,00 mm y 6,00 mm dependiendo del volumen del mismo, refuerzos exteriores en perfiles normalizados, bien angulares o perfiles UPN.
En la parte superior del depósito se localiza la boca de carga de lodos. El depósito está totalmente cerrado con lo que se evitan olores indeseados y posee una barandilla de seguridad en toda la periferia del mismo.
- Escalera de acceso: Las tolvas TAF poseen dos tipos de escaleras, la primera que llega hasta la boca de descarga y la segunda que lleva de la boca de descarga hasta la parte superior del depósito o zona de carga.
- Boca de descarga: De ejecución eléctrica mediante actuador o hidráulica por mediación de pistón hidráulico, ambos de ejecución todo/nada.
- Protección superficial: Todas las tolvas de almacenamiento TAF fabricadas en acero al carbono, calidad A/42-b son sometidas al siguiente proceso de terminación y protección anticorrosivo:
 - o Interior
 - Chorreado al grado de arena
 - 4 capas de imprimación alquitrán Epoxy (50 micras cada una)
 - o Exterior
 - Chorreado al grado de arena
 - 4 capas de imprimación alquitrán Epoxy (50 micras cada una)
 - 2 capas de acabado HEMPEL dos componentes (50 micras cada una)

Características de la tolva de almacenamiento. Se escoge el modelo TAF-040 según catálogo con los siguientes datos técnicos:

- Diámetro de tronco y cono = 4000 mm

- Altura tronco = 3000 mm
- Altura cono = 1500 mm
- Distancia a piso de apoyo = 4000 mm
- Altura total = 9300 mm
- Dimensiones hueco de salida = 500x500 mm

Tiene una capacidad de 40 m³ lo que garantiza un tiempo de permanencia del lodo de unos 31 días. Por lo tanto, la tolva tendrá que ser vaciada cada mes. Se extraerá mediante camiones cisternas proporcionados por el gestor que estén adaptados para dicha labor y serán transportados a una planta de tratamiento de lodos.

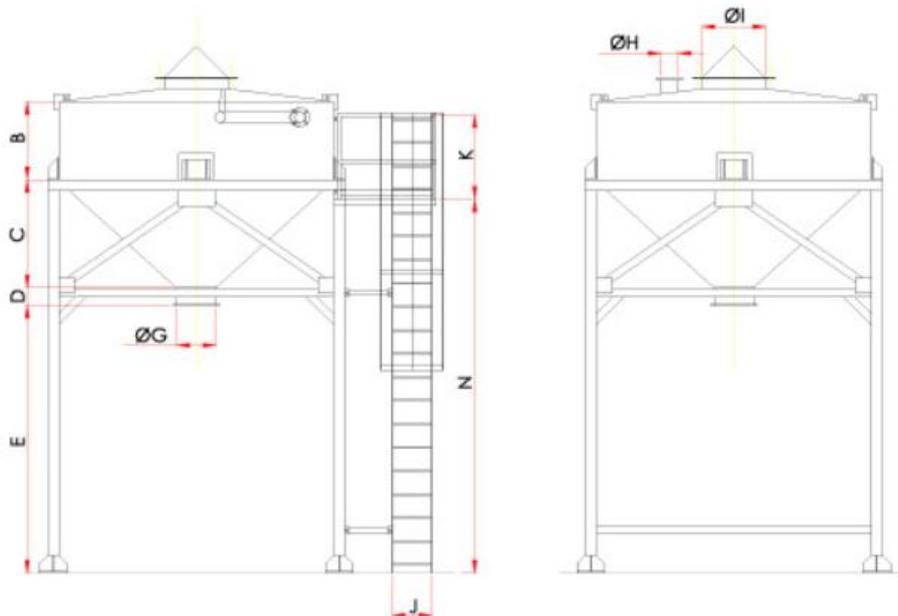


Figura 14. Tolva de almacenamiento de lodos [13]

9.2.2.5. Recogida de sobrenadantes de fangos.

Los fangos sobrenadantes son purgados del espesador a través de una conducción de 150 de fundición y son evacuados por gravedad hasta la salida del decantador primario, donde volverán a entrar al tratamiento secundario.

9.2.2.6. Destino final de los fangos.

Una vez los fangos hayan sido estabilizados y se haya conseguido la textura adecuada para que sean manejables y transportables, serán extraídos del depósito de almacenamiento mediante un camión que los transportará hasta una planta de tratamiento de lodos cercana.

Este proceso depende únicamente del gestor de fangos y del acuerdo al que se llegue con él.

9.3. Emisario

Se proyecta un emisario que parte de la fosa séptica existente, y posterior tanque de tormentas, y conduce las aguas residuales de Camprovín hasta la nueva EDAR.

El trazado elegido es, el que mejor se adapta a la orografía del terreno y el que menores afecciones a parcelas particulares supone.

El emisario tiene una longitud de 380 m con una pendiente máxima de 11,37% y mínima del 0.5%. Discurre entre el P.K. 0+000 (tanque de tormentas) y el P.K. 0+380 (pretratamiento) prácticamente por el camino de servidumbre. El emisario dimensionado es de hormigón con un diámetro de 200 mm. Al diseñarse el emisario a través de algunas parcelas, estas serán expropiadas temporalmente.

El trazado del emisario queda reflejado en el apartado 2. Planos.

9.4. Colector efluente

Igual que en caso del emisario, el trazado se ha diseñado acorde con la topografía del terreno y aprovechando los caminos de servidumbre y sendas de la zona existentes.

Para evacuar el efluente de la EDAR se diseña un colector de PVC, se elige este material por su versatilidad y su amplia gama de diámetros. Para asegurar una adecuada autolimpieza y un buen comportamiento hidráulico se determina unos diámetros nominales mínimos de 200 mm para alcantarillados de aguas residuales y diámetros mínimos de 250 mm para alcantarillados de aguas de lluvias y aguas combinadas. [14]

En la siguiente tabla (tabla 6) aparecen los diámetros normalizados para tuberías de PVC a través de la cual se ha elegido el diámetro del colector.

Tabla 6. Diámetros normalizados (interior y exterior) para tuberías de PVC [15]

DN (mm)	DI (mm)			
	4 atm	6 atm	10 atm	16 atm
16	-	-	-	13,6
20	-	17,5	-	17
25	22,6	22,6	22	21,2
32	29,6	29,2	28,4	27,2
40	37,2	36,4	36	34
50	47,2	46,4	45,2	42,6
63	59,4	59,2	57	53,6
75	71,4	70,6	67,8	63,8
90	86,4	84,6	81,4	76,6
110	105,6	103,6	99,4	93,6
125	120	117,6	113	106,4
140	134,4	131,8	126,6	119,2
160	153,6	150,6	144,6	136,2
180	172,8	169,4	162,8	153,2
200	192	188,2	180,8	170,4
225	216	211,8	203,4	191,4
250	240,2	235,4	226,2	213
280	269	263,6	253,2	238,4
315	302,6	296,6	285	268,2
355	341	334,2	321,2	302,4
400	384,2	376,6	361,8	340,6
450	432,4	423,8	407	383,2
500	480,4	470,8	452,2	425,8

El diámetro de los tubos de PVC puede ser nominal o interior. El diámetro nominal de las tuberías de PVC es la distancia en línea recta medida entre dos puntos extremos y que pasa por el centro de una tubería, es decir, su diámetro exterior. Esta dimensión es fija y solamente depende del tamaño del tubo. Por otro lado, está el diámetro interior. El diámetro interior de los tubos de PVC es la distancia en línea recta y pasando por el centro de la circunferencia. Esta dimensión varía en función del diámetro nominal y la presión a la que vayamos a someter a la tubería. Por esto, encontramos que, para una tubería de una determinada dimensión de diámetro nominal, tenemos varias dimensiones de diámetro interior. [15]

De acuerdo con lo descrito en el apartado, se proyecta un colector de PVC de 250 mm de diámetro exterior. Tendrá una longitud total de 226 metros y discurrirá por un camino existente en su primer tramo y posteriormente campo a través hasta el cauce del Barranco del Soto, lo que supondrá la expropiación de alguna parcela.

9.5. Camino de acceso

Analizando diferentes aspectos respecto al acceso de la nueva EDAR se aprecia que, debido a la estrechez de las calles del casco urbano, resulta inviable dar paso a los vehículos pesados que quieran acceder a las nuevas instalaciones a través del centro del municipio. Igualmente, tratando de evitar que los vehículos pesados en periodos de construcción y explotación utilicen el camino público del Arroyo en su parte más cercana al casco urbano se decide diseñar un camino de acceso a la nueva EDAR.

Con el fin de que el mantenimiento y conservación del emisario sea factible, se diseña el camino de acceso aprovechando la traza del emisario. Por lo tanto, ambos discurrirán por la misma franja expropiada que en un primer momento discurrirá por un camino de servidumbre actualmente en uso y después campo a través, hasta la entrada de la EDAR. Por ello, será necesaria la expropiación definitiva de parte de alguna parcela.

El nuevo camino tendrá una longitud total de 380 m. Se diseña como un camino revestido de hormigón en su totalidad, incluida la cuneta.

9.6. Tanque de tormentas

Ante la consecuencia de quedar inutilizada la fosa séptica se plantea como solución para aprovechar la obra existente la conversión de la fosa séptica en un tanque de tormentas.

Los tanques de tormentas previos a las estaciones depuradoras son necesarios para evitar el impacto sobre el medio hídrico receptor de los sólidos y arenas arrastrados en los primeros momentos del episodio de lluvias [3].

Un tanque de tormentas consta de cuatro partes [16]:

1. Cámara central. Depósito en línea situado, normalmente, entre la cámara de retención y la cámara de alivio que conduce el agua residual desde la entrada del tanque, hasta la entrada del elemento regulador del caudal.
2. Cámara de retención. Depósito fuera de línea donde se almacena la primera fase de la tormenta una vez se ha superado la capacidad de la cámara central.
3. Cámara de alivio. Conduce los excesos de la tormenta al medio receptor, por ello, posee una solera dotada de una ligera pendiente hacia la tubería de salida del tanque.
4. Cámara seca. Elemento regulador de caudal.

Por ello, para la construcción del tanque de tormentas será necesario demoler alguna de las paredes intermedias de las que está formada la fosa séptica. Así se podrán crear las cámaras necesarias del tanque de tormentas. En la última cámara se alojará una válvula reguladora de caudal para controlar la evacuación. Esta válvula se la conoce como válvula vortex.

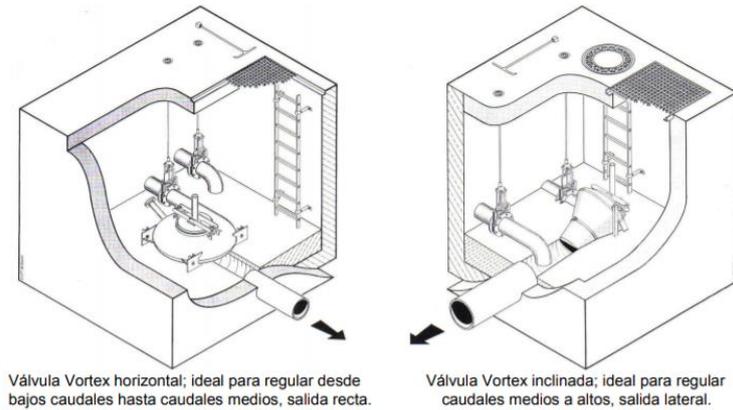


Figura 15. Válvula Vortex. [45]

Este tipo de válvulas funcionan sin partes móviles y trabajan exclusivamente por efectos hidrodinámicos.

La regulación del caudal se logra únicamente por los efectos de la gran velocidad generada por la entrada tangencial de las aguas sucias en el cuerpo cilíndrico de la misma: con forma, diámetro e inclinación adaptada para lograr dar el caudal de regulación deseado para la carga de agua existente.

Igualmente será necesaria programar una limpieza de la fosa séptica antes de empezar los trabajos en ella y de poner en funcionamiento el tanque de tormentas.

9.7. Esquema general de la instalación

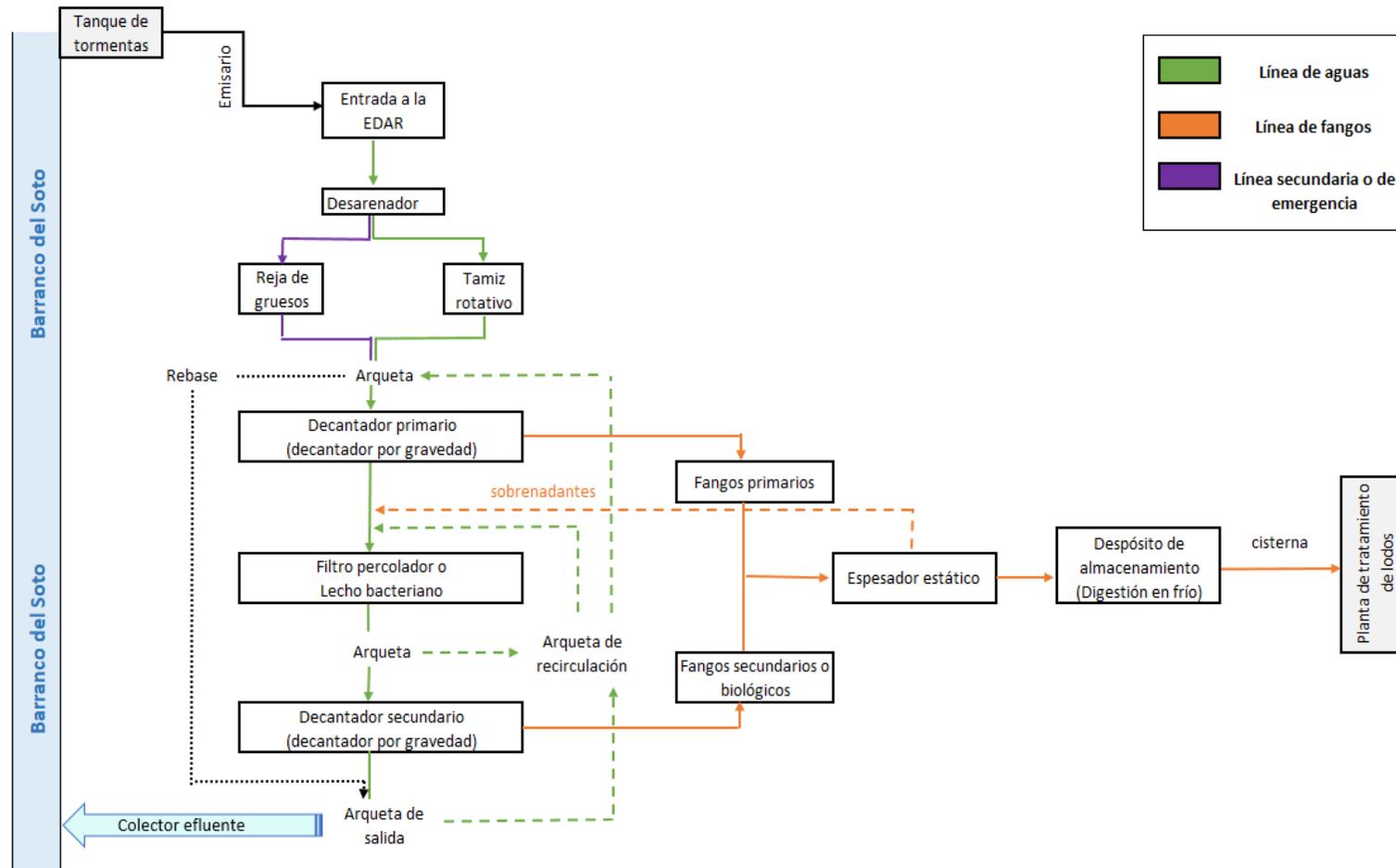


Figura 16. Esquema general de la instalación.

10. GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

A continuación se realiza una estimación de los residuos que se prevé que se produzcan en los trabajos relacionados directamente con la obra, de acuerdo con el RD 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

El proyecto ha constado del diseño de un emisario, una estación depuradora de aguas residuales (EDAR), un colector para el efluente y la transformación de una fosa séptica en un tanque de tormentas. Como resultado de dichas actuaciones se va a generar material procedente fundamentalmente del movimiento de tierras y de la demolición de una parte de la fosa séptica.

Todo el material que no sea reutilizable se debe retirar de la obra a un gestor de residuos. Los residuos generados se deberán colocar en un acopio temporal, si fuese necesario, antes de su transporte a gestor de residuos.

10.1. Estimación de los residuos generados.

Dicha estimación se ha codificado de acuerdo a lo establecido en la Orden MAM/304/2002, Lista Europea de Residuos (Códigos LER). [17] [18]

Tales residuos se corresponden únicamente con los derivados del proceso de obra, sin tener en cuenta otros residuos derivados de los sistemas de embalaje, etc que dependerán de las condiciones del suministro.

Dentro del capítulo 17. Residuos de la construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas):

Tabla 7. Estimación de RCDs generados.

Código LER	RCD generado
17 01 01	Hormigón
17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06*
17 02 01	Madera
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01*
17 05 04	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03*
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en códigos 17 09 01*, 17 09 02* y 17 09 03*.

10.2. Reutilización, valorización o eliminación de los RCDs.

Los posibles destinos de este tipo de residuos son la reutilización sin transformación, el reciclaje para obtener un producto igual, similar o distinto de la materia prima, o bien la valorización. [18]

Se debe prever la posibilidad de realizar en la obra la operación de reutilización de parte del residuo generado propio de la excavación para el extendido en la formación de las zonas ajardinadas o relleno de las zanjas.

Para el resto de residuos que se pueden generar será necesaria la contratación de Gestores de Residuos autorizados para su correspondiente retirada y tratamiento posterior. El número de Gestores de Residuos posibles será como máximo el correspondiente a las categorías mencionadas en el apartado anterior. Normalmente un mismo Gestor tiene las capacidades y medios para poder hacerse cargo de varios residuos.

Mediante la separación de residuos se facilita su reutilización, valorización y eliminación posterior, por lo que se prevén las siguientes medidas:

- En el caso de que se generen residuos peligrosos, se dispondrá de un contenedor adecuado. Su recogida y tratamiento será objeto del Gestor de Residuos.
- Para toda recogida de residuos se contará con la participación de un Gestor de Residuos autorizado para tal fin.
- Además de los residuos ya estimados, cabrá la posibilidad de que sean necesarios más contenedores para la separación de embalajes, etc.
- El contratista decidirá el lugar más idóneo para la colocación y acopio de materiales y contenedores.

11. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS Y PROGRAMA DE TRABAJO

Este apartado es meramente orientativo. Ha sido realizado a partir de proyectos similares con la premisa de ofrecer un plazo aproximado en relación a la construcción del proyecto diseñado. En ningún caso condiciona el resto del proyecto, razón por la que no se incluye en el Presupuesto ni en el Pliego de Condiciones nada correspondiente a estas actuaciones, y por lo que tampoco se realiza el Estudio de Seguridad y Salud. Únicamente tiene valor orientativo en cuanto al Proyecto de Diseño y Dimensionamiento de la EDAR en Camprovín.

Dicho lo cual, se estima como suficiente el plazo de nueve meses para la ejecución total de las obras, contemplando todos los procesos de obra civil, construcción de la urbanización, colocación de equipos mecánicos, obras de la línea eléctrica, gestión de residuos y seguridad y salud. A continuación, se desarrolla el plan de trabajo establecido (tabla 8).

Teniendo en cuenta el programa de trabajo, se prevé un máximo de quince personas, incluido el encargado de obra, coincidentes en el espacio y el tiempo en la obra sin incluir a los subcontratistas.

Tabla 8. Programa de trabajo

CAPÍTULOS	MESES								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.- OBRA CIVIL									
1.1.- EMISARIO									
1.2.- CAMINO DE ACCESO A LA EDAR									
1.3.- TANQUE DE TORMENTAS									
1.4.- PRETRATAMIENTO									
1.5.- ARQUETA DE RECIRCULACIÓN Y SALIDA									
1.6.- FILTRO PERCOLADOR									
1.7.- DECANTADOR PRIMARIO									
1.8.- DECANTADOR SECUNDARIO									
1.9.- ESPESADOR DE GRAVEDAD									
1.10.- DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE FANGOS									
1.11.- EDIFICIO DE CONTROL									
1.12.- CONDUCCIONES E.D.A.R.									
1.13.- EFLUENTE									
1.14.- CASETA DE 3X3 PARA GRUPO DE PRESIÓN									
2.- URBANIZACIÓN									
3.- EQUIPOS MECÁNICOS									
4.- ELECTRICIDAD									
5.- GESTIÓN DE RESIDUOS									
6.- SEGURIDAD Y SALUD									

12. EXPROPIACIONES

De acuerdo con el diseño realizado para las distintas actuaciones del proyecto, a continuación, se detalla la ocupación de terrenos de propiedad particular que queda afectada, debiendo diferenciar entre las ocupaciones temporales necesarias para la ejecución de la obra y las ocupaciones definitivas, destinadas principalmente al camino de acceso y a la propia estación depuradora.

En los tramos en que el trazado de las canalizaciones no coincide con caminos públicos se ha previsto una ocupación temporal para la instalación de tuberías.

Para definir los límites tanto de las fincas como de caminos y carreteras, se han utilizado los planos parcelarios facilitados por el Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria de La Rioja. [19]

12.1. Conducciones

Para las conducciones del emisario y colector efluente, la zona a expropiar se ha definido considerando una franja de anchura variable clasificada como de ocupación temporal para el acopio de tierras y materiales, el paso de camiones, maquinaria, etc.

Para la definición de la ocupación temporal se distinguen los siguientes casos:

- Trazado por caminos públicos.
 - $\Phi < 200 \text{ mm} = 6\text{m}$ de anchura
 - $\Phi \geq 200 \text{ mm} = 8\text{m}$ de anchura

- Trazado paralelo a carreteras.
 - $\Phi < 200 \text{ mm} = 10\text{m}$ de anchura
 - $\Phi \geq 200 \text{ mm} = 14\text{m}$ de anchura

- Trazado campo a través.
 - $\Phi < 200 \text{ mm} = 10\text{m}$ de anchura
 - $\Phi \geq 200 \text{ mm} = 14\text{m}$ de anchura

12.2. Valoración estimada de la expropiación

Para valorar las expropiaciones se han asignado los siguientes precios a cada tipo de expropiación.

Tabla 9. Precios asignados para cada tipo de expropiación

Tipo de expropiación	Precio
Expropiación definitiva	1,80 €/m ²
Servidumbre de acueducto o de paso	0,90 €/m ²
Ocupación temporal	0,18 €/m ²
Arquetas/Apoyos	500 €/unidad

En este diseño solo se tratan la expropiación definitiva y la ocupación temporal.

Para definir las fincas afectadas y la cantidad de m² a expropiar de cada una de ellas se han utilizado los planos del catastro [19].

En el apartado Planos de este mismo proyecto quedan definidas las fincas afectadas, con el tipo de expropiación e indicada en cada una de ellas su número y polígono catastral, su término municipal y su orden en la relación de fincas expropiadas en el presente proyecto.

Un total de treinta y seis fincas de titularidad privada quedan afectadas en el diseño de la nueva EDAR.

En la tabla 10 aparece un resumen de la superficie total afectada y el importe al que ascienden las expropiaciones.

Tabla 10. Resumen importe y superficie afectada de las expropiaciones.

Suelos y vuelos	Superficie afectada (m ²)	Precio (€/m ²)	Importe (€)
Expropiación definitiva	6.558	1,80	11.804,40
Ocupación temporal	5.838	0,18	1.050,84
TOTAL	12.380		12.855,24

12.3. Tablas de relación de propietarios

En la tabla 11 aparece en detalle los datos de cada una de las parcelas afectadas del diseño y por tanto que van a sufrir expropiación de algún tipo.

Quedan así definidos el número de polígono, parcela y subparcela afectada, la referencia catastral y la superficie total de la parcela además de la de la subparcela afectada. También se hace referencia al aprovechamiento de la finca registrado en el catastro. Igualmente se recogen los m² de expropiación definitiva, servidumbre y ocupación temporal y el número de apoyos en cada una de ellas. Por último, la última columna hace referencia al número de plano de expropiación del apartado Planos en el que se puede encontrar la parcela.

Por motivos de privacidad se ocultan el nombre y datos personales de los propietarios.

Todos los datos han sido facilitados por el Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria de La Rioja y la empresa Berceo Ingenieros S.L. [20] [19]

Tabla 11. Datos expropiaciones.

Nº DE ORDEN	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	SUB	SUPERFICIE CATASTRAL TOTAL	SUPERFICIE CATASTRAL SUBPARCELA	APROVECHAMIENTO CATASTRO	EXPROPIACIÓN DEFINITIVA	OCUPACIÓN TEMPORAL	TOTAL	Nº DE HOJA PLANO
CAMP-0001	26037A004004040000GB	4	404		527	527	Labor o Labradío secoano	61	95	156	1
CAMP-0002	26037A004005100000GT	4	510		2.289	2.289	Labor o Labradío secoano	187	339	526	1
CAMP-0003	26037A004005070000GT	4	507	b	1.383	1.199	Labor o Labradío secoano	122		122	1
CAMP-0004	26037A004005060000GL	4	506	b	1.751	1.587	Labor o Labradío secoano	107		107	1
CAMP-0005	26037A004005090000GM	4	509		1.066	1.066	Labor o Labradío secoano	63	179	242	1
CAMP-0006	26037A004005080000GF	4	508		701	701	Labor o Labradío secoano	122	232	354	1
CAMP-0007	26037A004005010000GB	4	501	b	2.176	191	Pastos	86		86	1
CAMP-0008	26037A004005000000GA	4	500		686	686	Pastos	154		154	1
CAMP-0009	26037A004004150000GM	4	415		2.850	2.850	Pastos	327	559	886	1
CAMP-0010	26037A004004850000GR	4	485	a	551	500	Viña secoano	115	117	232	1
CAMP-0011	26037A004004960000GU	4	496	b	1.775	212	Pastos	22		22	1
CAMP-0012	26037A004004950000GZ	4	495		1.798	1.798	Frutales secoano	19		19	2
CAMP-0013	26037A004004170000GK	4	417	a	2.746	2.253	Viña secoano		187	187	2
CAMP-0013	26037A004004170000GK	4	417	b	2.746	493	Pastos	350	146	496	2
CAMP-0014	26037A004004840000GK	4	484		911	911	Pastos	202	168	370	2

Nº DE ORDEN	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	SUB	SUPERFICIE CATASTRAL TOTAL	SUPERFICIE CATASTRAL SUBPARCELA	APROVECHAMIENTO CATASTRO	EXPROPIACIÓN DEFINITIVA	OCUPACIÓN TEMPORAL	TOTAL	Nº DE HOJA PLANO
CAMP-0015	26037A004004860000GD	4	486		544	544	Labor o Labradío secoano	233	305	538	2
CAMP-0016	26037A004004870000GX	4	487		437	437	Viña secoano	185	256	441	2
CAMP-0017	26037A004004880000GI	4	488		513	513	Viña secoano	389		389	2
CAMP-0018	26037A004004800000GT	4	480	a	733	631	Labor o Labradío secoano	259		259	2
CAMP-0019	26037A004004790000GM	4	479		860	860	Pastos	151		151	2
CAMP-0020	26037A004004740000GQ	4	474		1.937	1.937	Viña secoano	1.937		1.937	2
CAMP-0021	26037A004004730000GG	4	473		781	781	Viña secoano	781		781	2
CAMP-0022	26037A004004720000GY	4	472		517	517	Viña secoano	517		517	3
CAMP-0023	26037A004004710000GB	4	471		169	169	Viña secoano	169		169	3
CAMP-0024	26037A004004750000GP	4	475		1.681	1.681	Pastos		469	469	3
CAMP-0025	26037A004004760000GL	4	476		964	964	Pastos		828	828	3
CAMP-0026	26037A004004330000GH	4	433		419	419	Pastos		361	361	3
CAMP-0027	26037A004004300000GS	4	430		594	594	Pastos		45	45	3
CAMP-0028	26037A004004310000GZ	4	431		542	542	Pastos		46	46	3
CAMP-0029	26037A004004320000GU	4	432		588	588	Pastos		59	59	3
CAMP-0030	26037A004004340000GW	4	434		860	860	Pastos		264	264	3
CAMP-0031	26037A004004350000GA	4	435		508	508	Árboles de ribera		121	121	3

Nº DE ORDEN	REFERENCIA CATASTRAL	POLÍGONO	PARCELA	SUB	SUPERFICIE CATASTRAL TOTAL	SUPERFICIE CATASTRAL SUBPARCELA	APROVECHAMIENTO CATASTRO	EXPROPIACIÓN DEFINITIVA	OCUPACIÓN TEMPORAL	TOTAL	Nº DE HOJA PLANO
CAMP-0032	26037A004004360000GB	4	436		216	216	Árboles de ribera		22	22	3
CAMP-0033	26037A004004370000GY	4	437		323	323	Árboles de ribera		10	10	3
CAMP-0034	26037A004004270000GS	4	427		1.073	1.073	Árboles de ribera		567	567	3
CAMP-0035	26037A004004260000GE	4	426		1.079	1.079	Árboles de ribera		374	374	3
CAMP-0036	26037A004003440000GG	4	344	b	3.540	1.049	Árboles de ribera		89	89	3

13. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

RESUMEN PRESUPUESTO

Capítulo 1. Emisario		30.388,00 €
Capítulo 2. Camino de acceso		54.580,54 €
Capítulo 3. Pretratamiento		22.421,70 €
Capítulo 4. Arqueta de recirculación y de salida		19.238,46 €
Capítulo 5. Filtro percolador		88.142,35 €
Capítulo 6. Decantador primario		53.035,57 €
Capítulo 7. Decantador secundario		63.820,42 €
Capítulo 8. Arqueta de bombeo de fangos		5.309,49 €
Capítulo 9. Espesador de gravedad		12.880,69 €
Capítulo 10. Depósito de almacenamiento de fangos		43.036,00 €
Capítulo 11. Conducciones		
11.1. Línea de proceso		5.054,88 €
11.2. Línea de fangos		6.332,40 €
11.3. Línea de sobrenadantes		1.010,45 €
Capítulo 12. Efluente		5.503,93 €
Expropiaciones		12.855,24 €

PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL (PEM)

423.610,12 €

Gastos generales	13%	55.069,32 €
Beneficio industrial	6%	25.416,61 €
	Suma	504.096,04 €
IVA	21%	105.860,17 €

PRESUPUESTO DE EJECUCION POR CONTRATA (PEC)

609.956,21 €

El presupuesto del Proyecto de Diseño y Dimensionamiento de una EDAR en el municipio de Camprovín, La Rioja, asciende a la cantidad de **SEISCIENTOS NUEVE MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS con VEINTIUN CENTIMOS.**

REFERENCIAS

- [1] I. Aranguiz Basterrechea, *Apuntes de Aguas y Medio Ambiente, Bilbao : Universidad del País Vasco, 2016.*
- [2] M. Manzanos Areta , «Proyecto de Diseño e Instalación de una EDAR en la localidad de Estella.,» Universidad del País Vasco , 2015.
- [3] E. Ortega de Miguel, Y. Ferrer Medina , J. J. Salas Rodríguez , C. Aragón Cruz y Á. Real Jiménez, *Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones*, Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010.
- [4] Ayuntamiento de Camprovín, «Ayuntamiento de Camprovín,» [En línea]. Available: <http://camprovin.com/>. [Último acceso: 18 septiembre 2018].
- [5] Google Maps «www.google.com/maps,» [En línea]. [Último acceso: 05 12 2018].
- [6] Consorcio de aguas y residuos de La Rioja. «www.larioja.org/consorcio-aguas,» [En línea]. Available: <https://www.larioja.org/consorcio-aguas/es>.
- [7] A. Hernández Lehmann, *Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales*, Colegio de Ingenieros de caminos, Madrid : Ibergarceta publicaciones , 2015.
- [8] A. De Luis Alvarez, *Apuntes de Ingeniería Ambiental*, Bilbao : Universidad del País Vasco , 2017.
- [9] CyclusID, «[cyclusid.com](http://www.cyclusid.com),» [En línea]. Available: <http://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-secundario/>. [Último acceso: 15 noviembre 2018].
- [10] *II Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales. Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2007-2015. Diciembre de 2006..*
- [11] J. Chamorro, «Biomasa fija: nitrificación-desnitrificación,» [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/jorge-chamorro/biomasa-fija-nitrificacion-desnitrificacion>. [Último acceso: 26 octubre 2018].
- [12] Dimasa, «www.interempresas.net,» [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Construccion/FeriaVirtual/Producto-Tolvas-espesadores-y-decantadores-de-lodos-163345.html>.
- [13] Estruagua. [En línea]. Available: <https://www.estrुagua.com/multimedia/53-s%C3%B3lidos-gruesos-y-medios.html>. [Último acceso: 5 noviembre 2018].
- [14] EPM, «Guía para el diseño hidráulico de Redes de Alcantarillado,» [En línea]. Available: https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/GuiaDisenoHidraulicoRedesAlcantarillado.pdf.
- [15] Desatrancos DNP. «Tubos de PVC: diametros,» [En línea]. Available: <http://www.desatrancosdnp.com/blog/medidas-y-diametros-de-tubos-de-pvc/>.

- [16] Tanques y estanques de tormentas, «www.impnorasbitra.com,» [En línea]. Available: <https://www.impnorasbitra.com/blog/tanques-estanques-tormentas/>. [Último acceso: 21 noviembre 2018].
- [17] Códigos LER «www.gestoresresiduos.es,» [En línea]. Available: http://www.gestoresresiduos.es/codigos_ler.html. [Último acceso: 22 01 2019].
- [18] Residuos y reciclajes de Santiago «www.rrsantiago.com,» [En línea]. Available: <http://www.rrsantiago.com/que-son-los-rcd.html>. [Último acceso: 22 01 2019].
- [19] «Sede Electrónica del Catastro,» [En línea]. Available: <http://www.catastro.meh.es/esp/sede.asp>. [Último acceso: 14 01 2019].
- [20] Berceo Ingenieros. S.L.
- [21] Consejería de turismo, «Plan Director de Saneamiento y Depuración de La Rioja,» [En línea]. Available: <https://www.larioja.org/larioja-client/cm/medio-ambiente/imagenes?idMmedia=628024>. [Último acceso: 4 octubre 2018].
- [22] Censo población, «www.ine.es,» [En línea]. Available: <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2879>. [Último acceso: 25 septiembre 2018].
- [23] Instituto Nacional de Estadística, «Población residente en establecimientos colectivos,» [En línea]. Available: http://www.ine.es/censos2011/censos2011_meto_pobla_colectivos.pdf. [Último acceso: 3 octubre 2018].
- [24] Censo viviendas , «www.ine.es,» [En línea]. Available: <http://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t20/e244/viviendas/p06/I0/&file=9mun26.px>. [Último acceso: 15 octubre 2018].
- [25] Gobierno de La Rioja «Ley 5/2000, de 25 de octubre, de saneamiento y depuración de aguas residuales de La Rioja,» [En línea]. Available: <https://www.larioja.org/normativa-autonomica/es?modelo=NA&norma=42>.
- [26] Fórmula de Manning «www.construmatica.com,» [En línea]. Available: https://www.construmatica.com/construpedia/Ecuaci%C3%B3n_de_Manning_Valores_del_Coeficiente_de_Rugosidad_para_Tuber%C3%ADas_de_Hormig%C3%B3n. [Último acceso: 15 01 2019].
- [27] T. Alonso Martín, «Trabajo de Fin de Master,» [En línea]. Available: http://oa.upm.es/44482/1/Tesis_master_Tania_Alonso_Martin.pdf.
- [28] EIROS prefabricados de hormigón. «Saneamiento, pozos y conducción de aguas.,» [En línea]. Available: <http://www.eiros.es/catalogos/cat6/6.pdf>.
- [29] Calculadora fórmula de Manning [En línea]. Available: <http://www.hawsedc.com/engcalcs/Manning-Pipe-Flow.php?lang=es>. [Último acceso: 17 01 2019].
- [30] Ministerio de hacienda y administraciones públicas «www.hacienda.gob.es,» [En línea]. Available: <http://www.hacienda.gob.es/Boletines/2013/36719.pdf>. [Último acceso: 15 01 2019].

- [31] Estación agroclimática de Arenzana de Abajo, «www.larioja.org,» [En línea]. Available: <https://www.larioja.org/agricultura/es/informacion-agroclimatica/red-estaciones-agroclimaticas-siar/detalle-estacion>. [Último acceso: 9 octubre 2018].
- [32] N. R. C. [En línea]. Available: <http://www.nationalacademies.org/nasem/>.
- [33] A. Hernández Muñoz, Depuración y desinfección de aguas residuales., Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos , 2001.
- [34] Filtramas, «Espesador de tracción central,» [En línea]. Available: <http://www.filtramas.com/catalogo/mecanismos-de-arrastre-de-solidos/espesador-traccion-central/>.
- [35] Real Decreto Legislativo 1/2008, «www.fomento.gob.es,» [En línea]. Available: https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/pdf/E95BBA16-F2C2-401D-83A2-89F43999F829/101753/RDL12008.pdf. [Último acceso: 9 octubre 2018].
- [36] Ley de Impacto Ambiental para Proyectos, «www.boe.es,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-12913-consolidado.pdf>. [Último acceso: 10 octubre 2018].
- [37] Red Natura 2000, «www.larioja.org,» [En línea]. Available: <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/espacios-naturales-protegidos/red-natura-2000>. [Último acceso: 9 octubre 2018].
- [38] Fauna y flora de Camprovín, «www.naturaspain.com,» [En línea]. Available: <http://www.naturaspain.com/naturaleza-flora-y-fauna-en-el-municipio-de-camprovin.html>. [Último acceso: 10 octubre 2018].
- [39] Consejería de turismo, «Plan Director de Saneamiento y Depuración de La Rioja,» [En línea]. Available: <https://www.larioja.org/larioja-client/cm/medio-ambiente/images?idMmedia=628024>. [Último acceso: 4 octubre 2018].
- [40] Blog de ciencias sociales y del pensamiento. Heródoto. [En línea]. Available: <https://iessonferrerdgh1e07.blogspot.com/2016/03/la-rioja-la-situacion-actual.html>. [Último acceso: 2 octubre 2018].
- [41] Rototamiz, «www.hidrometalica.com,» [En línea]. Available: <https://hidrometalica.com/tamiz-rotativo/>. [Último acceso: 5 noviembre 2018].
- [42] El agua potable. [En línea]. Available: <http://www.elaguapotable.com/decant25.jpg>. [Último acceso: 5 noviembre 2018].
- [43] Universidad de Coruña, «www.doccity.com,» [En línea]. Available: <https://www.doccity.com/es/lechos-bacterianos-ingenieria-sanitaria-y-ambiental-apuntes-tema-31/155137/>. [Último acceso: 5 noviembre 2018].
- [44] Omnia water, «www.omniawater.com,» [En línea]. Available: <http://omniawater.es/decantador-primario-gravedad/>. [Último acceso: 5 noviembre 2018].

- [45] Cleanwater ingeniería, «www.cleanwater-uft.com,» [En línea]. Available: <http://www.cleanwater-uft.com/downloads/Regulador%20Vortex.pdf>. [Último acceso: 5 noviembre 2018].
- [46] Espesador de fangos por gravedad , «www.bupolsa.com,» [En línea]. Available: <http://www.bupolsa.com/depu/ec.html>. [Último acceso: 08 01 2019].
- [47] M. Giner, «www.tecpa.es,» [En línea]. Available: <https://www.tecpa.es/la-deshidratacion-de-fangos/>. [Último acceso: 08 01 2019].
- [48] Mecalux logismarket «www.logismarket.es,» [En línea]. Available: <https://www.logismarket.es/mipsa/decantadores-y-espesadores-de-fangos/2081731368-1591417594-p.html>.

ANEJO 1. CÁLCULO POBLACIÓN EQUIVALENTE

CONTENIDO

1. Introducción	70
2. Descripción del método usado	71
3. Desarrollo de los cálculos	73
3.1. Población equivalente de origen doméstico, Pd	73
3.1.1. Población de hecho	73
3.1.2. Población turística estacional	75
3.1.3. Cálculos	75
3.2. Población equivalente de origen ganadero, Pg.....	76
3.3. Población equivalente de origen industrial, Pi.....	76
4. Resultados obtenidos.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población fija en Camprovín.....	74
Tabla 2. Número de viviendas en Camprovín.	76
Tabla 3. Umbral industrial (ha) conforma la población del último padrón [25].....	77
Tabla 4. Resultado número de habitantes equivalentes.	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico población fija en Camprovín	74
---	----

1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se desarrollan los cálculos de la población equivalente total. Para ello se han seguido las indicaciones del Plan Director de Saneamiento y Depuración de La Rioja y se han utilizado datos proporcionados por el Ayuntamiento de Camprovín y el Instituto Nacional de Estadística [21] [4] [22].

A la vista de los datos recogidos en las distintas instituciones se decide tomar como datos de partida los facilitados por el Plan Director.

2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO USADO

Tal y como establece la última revisión del Plan Director de Saneamiento y Depuración de La Rioja [21], en el caso de no existir estación depuradora de aguas residuales, el método de cálculo a utilizar será el siguiente:

Siguiendo la misma metodología que en el Plan Director previo, para la determinación de la carga contaminante se ha tenido en cuenta, tal como establece la Directiva 91/271/CEE, no sólo la población de hecho, sino también la población estacional, la contaminación de origen industrial y la de origen ganadero que es finalmente tratada, o está previsto que lo sea, en las instalaciones urbanas de depuración de aguas residuales.

Para realizar un cálculo más aproximado de la carga contaminante, se han utilizado los datos correspondientes al año 2017 tanto referidos a la población como al número de viviendas, cuyos datos han sido facilitados por el municipio. Los resultados obtenidos serán comparados con los datos reflejados en el Plan Director.

La ecuación a utilizar es la siguiente:

$$P_{tot} = P_d + P_i + P_g$$

Siendo:

P_{tot} : Población total.

P_d : Población equivalente de origen doméstico.

P_i : Población equivalente de origen industrial.

P_g : Población equivalente de origen ganadero.

a) Población equivalente de origen doméstico.

La población equivalente de origen doméstico (P_d) se obtiene con la ecuación:

$$P_d = P_h + P_e$$

Siendo:

P_h : Población de hecho.

P_e : Población turística estacional, determinada mediante la siguiente ecuación

$$P_e = (V \times 3,5) \times 0,65 + (E \times n) \times 1$$

Siendo:

V : nº de viviendas de segunda residencia.

3,5: nº medio de habitantes por vivienda.

0,65: Factor de ocupación para segundas residencias.

E : nº de establecimientos colectivos.

n : nº de plazas en valores reales de cada establecimiento colectivo.

1: Factor de ocupación para establecimientos colectivos.

A esta formulación hay que matizar que en el Plan Director el factor de ocupación a utilizar es de 0,8 siendo reducido a 0,65, ya que se adapta a un valor más real para este municipio, obtenido de la ponderación de los fines de semana al año y del mes estival donde se producen los incrementos de éste tipo de población.

b) Población equivalente de origen ganadero.

Se ha partido de los datos de registro de las instalaciones ganaderas existentes en la Comunidad Autónoma de la Rioja facilitado por la Consejería de Agricultura.

La carga contaminante ganadera (P_g) se ha obtenido aplicando la siguiente ecuación:

$$P_g = \sum C_g \times C_e \times K_3$$

Siendo:

C_g : nº de cabezas de ganado de cada tipo.

C_e : carga equivalente correspondiente a cada tipo de ganado.

K_3 : coeficiente de estabulación.

A esta formulación general hay que hacer las siguientes matizaciones que son de aplicación directa a la población de Camprovín:

- No se han tenido en cuenta las instalaciones del registro referentes ganado ovino dado que se trata de explotaciones extensivas.
- Tampoco se ha tenido en cuenta los rebaños de ovejas y cabras dado que los establos se encuentran fuera del núcleo urbano, y no conectados con la red de saneamiento municipal.

c) Población equivalente de origen industrial

La Ley 5/2000, de 25 de octubre, de saneamiento y depuración de aguas residuales de La Rioja, disciplina el régimen de los vertidos a las redes de saneamiento de titularidad municipal, a los que sujeta a previa autorización o comunicación y, además, establece unas prohibiciones y límites en sus Anexos I y II para los vertidos no domésticos.

En el caso de los municipios consorciados como Camprovín, es el Consorcio de Aguas y Residuos el organismo competente para emitir la autorización de vertido a las industrias que vierten a la red de saneamiento municipal.

No se tienen nuevos registros de industrias en el municipal de Camprovín en la actualidad, ni tampoco proyecto de nueva instalación por lo que no se incrementa el valor reflejado en el Plan Director.

3. DESARROLLO DE LOS CÁLCULOS

El cálculo de la población equivalente, con el fin de obtener el valor máximo y mínimo al que tendrá que hacer frente de EDAR, se realiza tanto para la temporada baja como temporada alta.

Como queda definido anteriormente, el cálculo se realiza conforme a la siguiente ecuación.

$$P_{tot} = P_d + P_i + P_g$$

Siendo:

P_{tot} : Población total.

P_d : Población equivalente de origen doméstico.

P_i : Población equivalente de origen industrial.

P_g : Población equivalente de origen ganadero.

3.1. Población equivalente de origen doméstico, P_d .

A continuación, se exponen los cálculos de la población equivalente de origen doméstico. Estos cálculos se han realizado de acuerdo a la fórmula arriba expresada, como una suma entre la población de hecho y la población turística estacional.

3.1.1. Población de hecho.

Población de hecho o población fija es aquella que reside de forma habitual y permanente en el municipio, es decir, tiene aquí su vivienda principal.

Los datos han sido recogidos por el INE [22] de acuerdo al censo de los últimos años. En la tabla 1 se puede observar la variación poblacional que ha sufrido desde 1996 hasta el año de estudio, 2017.

Tabla 1. Población fija en Camprovín.

Año	Habitantes	
	T. Baja	T. Alta
1996	239	300
1997	230	300
1998	227	300
1999	220	300
2000	216	300
2001	203	300
2002	197	300
2003	190	300
2004	197	300
2005	196	300
2006	188	300
2007	193	300
2008	207	300
2009	189	300
2010	169	300
2011	178	300
2012	179	300
2013	170	300
2014	155	300
2015	154	300
2016	155	300
2017	148	300

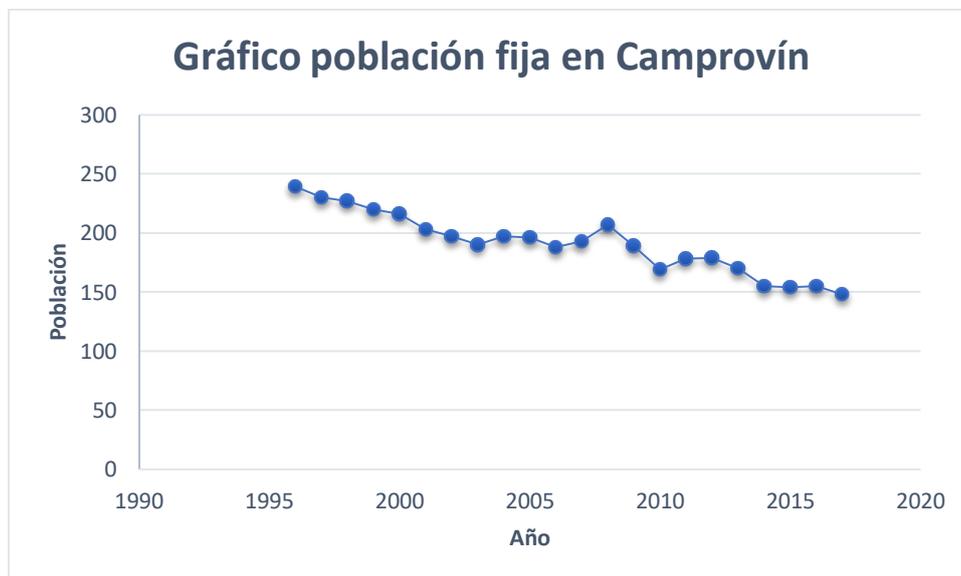


Figura 1. Gráfico población fija en Camprovín

A la vista de los resultados y como primer análisis general se puede concluir que Camprovín ha sufrido un importante descenso de población. A pesar de ello, realizando un análisis más exhaustivo, se puede ver que, en al menos tres ocasiones, la población experimentó un

aumento, siendo el más importante en el año 2008. Lo mismo sucedió entre 2003 y 2004 y entre 2010 y 2012. Por otro lado, del 2014 al 2016 el censo ha mantenido su valor.

Con ello se quiere concluir que a pesar de haber ido descendiendo los residentes del municipio estos valores se han visto modificados e incluso han cambiado su tendencia.

Teniendo en cuenta los datos aportados por el ayuntamiento de la localidad se prevé un aumento de la población en los años venideros ya que con objeto de evitar el cierre de la escuela se están ofertando puestos de trabajo a familias con hijos a cambio de que los escolaricen en el municipio. También se están potenciando, cada año con más fuerza, diferentes eventos durante los meses estivales para atraer turistas e incrementar el consumo en la zona. En resumen, es un municipio con miras de futuro, que a pesar de su escasa población lucha por mantenerse y evitar perder a su población más joven.

- Población de hecho, Ph:

$$Ph = 148 \text{ (temporada baja)}$$

$$Ph = 300 \text{ (temporada alta)}$$

3.1.2. Población turística estacional.

La población turística es aquella que reside en el municipio solamente durante una parte del año, de forma estacional, periódica o espontánea.

Existe una creciente población estacional, principalmente durante las vacaciones de verano, Semana Santa, fiestas patronales y fines de semana largos.

Los datos de la población estacional son en todo caso estimaciones, ya que no existe ningún estudio al respecto. En este caso, se cuenta con una población estacional de aproximadamente 300 habitantes.

3.1.3. Cálculos

Debido a la necesidad de conocer el número de viviendas, primeras viviendas y segundas viviendas, para la utilización de la fórmula del Plan de Saneamiento y Depuración 2007-2015 de la Comunidad Autónoma de La Rioja, se realizan los siguientes cálculos. Se utilizará como índice de ocupación 2,42 habitantes por vivienda. En esta ocasión se aumentará el índice de ocupación a 2,8 para las segundas viviendas, considerando que en estas ocasiones coinciden más habitantes en una misma vivienda.

- Primeras viviendas:

$$\frac{148 \text{ hab}}{2,42 \text{ hab/viv}} = 61,15 \sim 62 \text{ primeras viviendas}$$

- Segundas viviendas:

$$\frac{(300-148) \text{ hab}}{2,7 \text{ hab/viv}} = 56,6 \sim 57 \text{ segundas viviendas}$$

Por otro lado, también es necesario conocer el número de establecimientos colectivos. De acuerdo a la definición que ofrece el INE [23] se consideran establecimientos colectivos tanto viviendas colectivas propiamente dichas como conventos, cuarteles, residencias de personas mayores, hospitales de larga estancia, prisiones... como hoteles, pensiones y

establecimientos análogos, siempre y cuando al menos una persona resida habitualmente en el establecimiento.

En Camprovín el número de establecimientos colectivos, facilitado desde la página web del ayuntamiento [4], es de un total de seis apartamentos y casas rurales.

A continuación, se recogen los datos expuestos en la tabla 2.

Tabla 2. Número de viviendas en Camprovín.

Viviendas totales (familiares)	1º vivienda	2ª vivienda	Establecimientos colectivos
119	62	57	6

De acuerdo al último censo de viviendas realizado por el INE [24] (2011) del que se han encontrado datos se conoce un total de 183 viviendas familiares de las cuales 79 son viviendas principales. Teniendo en cuenta que la población de hecho se ha visto reducida en los últimos años se puede asumir que se trabaja con valores adecuados.

- Cálculo población estacional, P_e :

$$P_e = (V \times 3,5) \times 0,68 + [E \times n] \times 1$$

$$P_e = (56,6 \times 3,5) \times 0,68 + [6 \times 12] \times 1 = 206,7 \sim \mathbf{207}$$

- Cálculo población equivalente de origen doméstico, P_d :

$$P_d = P_h + P_e$$

- Temporada Baja

$$P_d = 148 + 207 = \mathbf{355 \text{ población equivalente de origen doméstico}}$$

- Temporada Alta

$$P_d = 300 + 207 = \mathbf{507 \text{ población equivalente de origen doméstico}}$$

3.2. Población equivalente de origen ganadero, P_g .

Según el último censo ganadero de Camprovín solo se tiene constancia de una cabeza de ganado, en concreto una cabra. Por lo que **no se incluirá en los cálculos**.

3.3. Población equivalente de origen industrial, P_i .

Como se ha dicho anteriormente no se aumentará el valor reflejado en la Ley 5/2000, de 25 de octubre, de saneamiento y depuración de aguas residuales de La Rioja.

Para la determinación del número de habitantes equivalentes, se considerarán los parámetros menos restrictivos de los referidos en los planes generales y que mayor número de habitantes equivalentes resulte.

- Áreas industriales: 250 he por ha neta del suelo del sector. [25]

Tabla 3. Umbral industrial (ha) conforma la población del último padrón [25]

(P) Población conforme al último padrón publicado en el Boletín Oficial del Estado	Umbral industrial (ha)
P mayor o igual a 50.000 habitantes	10
P mayor o igual a 2.000 y menor de 50.000	5
P mayor o igual a 500 y menor de 2.000	2
P menor de 500	1

En consecuencia con la tabla 3, estamos hablando de una población de 148 habitantes del último padrón, por lo tanto 1 ha.

Así pues, se considera de **250 la población equivalente de origen industrial.**

4. RESULTADOS OBTENIDOS.

Una vez obtenidos los tres resultados de población equivalente (domestica, industrial y ganadera) tanto en temporada baja como alta, se debe calcular los habitantes equivalentes totales.

- Temporada baja

$$P_{tot} = P_d + P_i + P_g$$

$$P_{tot} = 355 + 250 + 0 = \mathbf{605 \text{ hab. equivalente}}$$

- Temporada alta

$$P_{tot} = P_d + P_i + P_g$$

$$P_{tot} = 507 + 250 + 0 = \mathbf{757 \text{ hab. equivalente}}$$

Tabla 4. Resultado número de habitantes equivalentes.

Temporada Baja	Temporada Alta
605 He	757 He

ANEJO 2. CÁLCULOS HIDRAULICOS EMISARIO

CONTENIDO

1. Introducción	83
2. Cálculos hidráulicos.	84
2.1. Cálculo del diámetro de la tubería de hormigón.....	85
2.1.1. Caudal de diseño.....	85
2.1.2. Velocidad crítica.....	85
2.1.3. Diámetro del tubo.....	85
2.2. Comprobación de los cálculos del emisario.....	86
3. Trazado y secciones.	88
3.1. Sección tipo 1.	88
3.2. Sección tipo 2.	88
3.3. Sección tipo 3	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población y dotación.....	84
Tabla 2. Caudales de diseño.	84
Tabla 3. Diámetros de tuberías de hormigón tabulados para conducción de	86
<i>Tabla 4. Cálculos hidráulicos del emisario.....</i>	<i>87</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Sección tipo 1 de emisario [20]</i>	88
<i>Figura 2. Sección tipo 2 del emisario. [20]</i>	89
<i>Figura 3. Sección tipo 3 del emisario. [20]</i>	89

1. INTRODUCCIÓN

Se proyecta un emisario que parte de la fosa séptica existente y conduce las aguas residuales de Camprovín hasta la nueva EDAR.

El trazado elegido es el que mejor se adapta a la orografía del terreno y el que menores afecciones a parcelas particulares supone.

El emisario tiene una longitud de 380 m con una pendiente máxima de 11,37% y mínima del 0.5%. Discurre entre el P.K. 0+000 (tanque de tormentas) y el P.K. 0+380 (pretratamiento) prácticamente por el camino de servidumbre.

El trazado del emisario queda reflejado en el documento Planos.

2. CÁLCULOS HIDRÁULICOS.

Los datos y caudales de diseño del colector son los siguientes. Su cálculo aparece en el Anejo x. Cálculos hidráulicos.

- Población y dotación

Tabla 1. Población y dotación.

		T. Baja	T. Alta	Unidades
Población equivalente	Pe	605	757	He
Dotación	Dot	190	190	l/hedía

- Caudales.

Tabla 2. Caudales de diseño.

		T. Baja	T. Alta	Unidades
Caudal medio	Q_m	4,80	6,00	m ³ /h
Caudal mínimo	Q_{min}	1,44	1,80	m ³ /h
Caudal punta	Q_p	14,37	18,00	m ³ /h
Caudal máximo	Q_{max}	35,93	45,00	m ³ /h
Caudal medio diario	Q_{md}	115,00	144,00	m ³ /día

La determinación de la capacidad del emisario, o dimensionamiento del mismo, se realiza mediante la fórmula de Manning, que responde a la siguiente expresión:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Atendiendo a la fórmula del caudal: $Q = v \cdot A$

Y uniendo las dos fórmulas, finalmente queda:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Donde:

v = velocidad del fluido (m/s)

n = coeficiente de rugosidad de Manning. [26]

- Para conducciones de hormigón armado n = 0,013

Rh = radio hidráulico de la sección (m).

- Para conducciones circulares trabajando con sección plena: $Rh = \frac{\phi}{4}$

J = pendiente hidráulica, coincidente con la pendiente de solera (m/m).

- Pendiente máxima = 11,373%
- Pendiente mínima = 0,5%

Q = caudal circulante por la tubería (m^3/s).

A = Área del círculo (m^2): $A = \pi \cdot r^2$

2.1. Cálculo del diámetro de la tubería de hormigón

Antes de realizar cualquier cálculo de comprobación, se debe determinar el diámetro de la tubería de hormigón. Para ello se requieren las velocidades críticas y los caudales máximos de diseño.

2.1.1. Caudal de diseño

Se van a emplear los datos anteriormente expuestos en la tabla 2. Caudales de diseño. Por tanto, el caudal máximo que llegará al emisario se fija en **45,00 m^3/h** .

2.1.2. Velocidad crítica

A la hora de establecer las velocidades críticas se han de tener en cuenta algunos aspectos:

- Se debe alcanzar la velocidad mínima de auto-limpieza. Dicha velocidad debe garantizar que se eliminen los sedimentos que pueden acumularse en el emisario cuando se vierten caudales pequeños con sus consiguientes pequeñas velocidades.
- El diámetro mínimo de las bocas no puede ser menor de 60 mm puesto que se puede obstruir.

La velocidad mínima del efluente se situará entre 0,60 y 0,80 m/s. Este umbral mínimo es función del tamaño máximo de las partículas que se transportan.

La velocidad máxima del efluente en el interior del tubo debe estar limitada a 3,5 m/s para evitar erosiones. [27]

2.1.3. Diámetro del tubo

Con las velocidades críticas y el caudal especificado, se deduce los rangos de validez del diámetro:

$$Q = v \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

$$\frac{45m^3}{h} \frac{1 h}{3600 s} = \frac{0,6 m}{s} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \rightarrow D = 0,163 m \rightarrow D = 163 mm$$

Se escoge un diámetro tabulado para tuberías de hormigón destinadas a conducción de aguas pluviales o residuales (tabla 3).

Tabla 3. Diámetros de tuberías de hormigón tabulados para conducción de aguas pluviales o residuales [28]

código	Diámetro interior cm.	Largo cm.	Peso Kg	Diámetro exterior
			Unid.	
5002	15	100	40	19.6
5003	20	100	46	26
5004	25	100	69	31
5005	30	100	95	38
5006	40	100	130	48
5007	50	100	225	61
5008	60	100	305	72
5009	80	100	540	93
5010	100	100	675	119
5011	120	100	950	135
5014	150	110	1520	174

Un diámetro de **200 mm** permite desaguar el caudal máximo cumpliendo con las condiciones.

2.2. Comprobación de los cálculos del emisario

Para la comprobación de los cálculos se utiliza la fórmula de Manning combinada con la del caudal. Resultando la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Donde:

v = velocidad del fluido (m/s)

n = coeficiente de rugosidad de Manning. [26]

- Para conducciones de hormigón armado n = 0,013

Rh = radio hidráulico de la sección (m).

- Para conducciones circulares trabajando con sección plena: $Rh = \frac{\phi}{4}$

J = pendiente hidráulica, coincidente con la pendiente de solera (m/m).

- Pendiente máxima = 11,373%
- Pendiente mínima = 0,5%

Q = caudal circulante por la tubería (m³/s).

A = Área del círculo (m²): $A = \pi \cdot r^2$

Se ha establecido el diámetro de la tubería de hormigón en **200 mm**.

A continuación, se realizan los cálculos de comprobación [29] a pendiente máxima y mínima a través de la fórmula de manning, sus resultados quedan representados en la tabla 4.

Tabla 4. Cálculos hidráulicos del emisario.

Diámetro (m)	n	Pendiente	Rh (m)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /h)
0,2	0,013	0,005	0,05	0,738	0,031	0,023	83,489
0,2	0,013	0,11373	0,05	3,521	0,031	0,111	398,183

A pendiente mínima el tubo de hormigón armado con diámetro 200 mm podrá llevar un caudal máximo de 83,5 m³/h, superior al caudal máximo usado para el proyecto 45,00 m³/h.

3. TRAZADO Y SECCIONES.

El trazado del emisario queda reflejado en el documento Planos. Debido a los cambios de pendiente o alineación será necesaria la utilización de diferentes secciones. Dependiendo del tramo que esté atravesando.

3.1. Sección tipo 1.

El tipo de sección 1 se utilizará en los tramos del colector que discurran por caminos, donde no exista riesgo de desplome de las paredes. La tubería es de hormigón de 200 mm de diámetro sobre una cama de hormigón no estructural HNE-15 de 10 cm, arriñonada 19 cm de HNE-15, con lo que la capa mínima de hormigón es de 28 cm (figura 1).

La capa de relleno será procedente de la excavación.

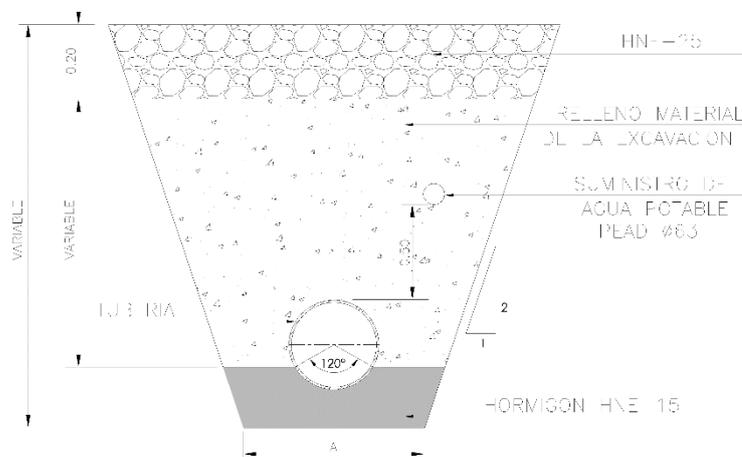


Figura 1. Sección tipo 1 de emisario. [20]

3.2. Sección tipo 2.

Para los tramos del colector que discurran campo a través, donde no exista riesgo de las paredes, se adoptará el tipo de sección 2.

Para alturas de zanja inferiores a 1,50 m, se adoptará la sección 1H:2V, por otro lado, para cualquier altura superior a 1,50m se adoptarán taludes de 1H:1V.

La tubería es de hormigón de 200 mm sobre una cama de hormigón no estructural HNE-15 de 10 cm arriñonada 19 cm de HNE-15, con lo que la capa mínima de hormigón es de 29 cm (figura 2).

La capa de relleno será procedente de la excavación.

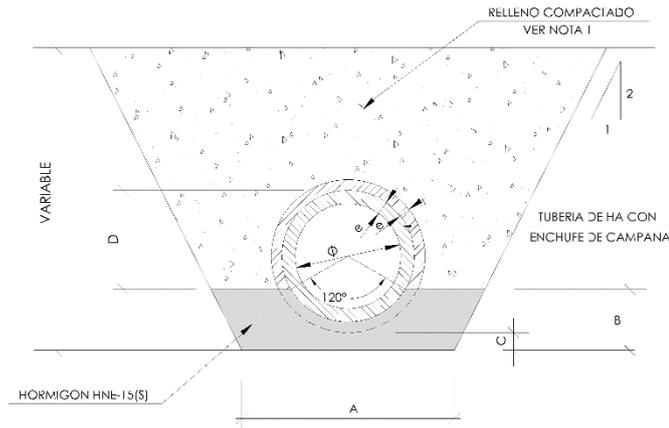


Figura 2. Sección tipo 2 del emisario. [20]

3.3. Sección tipo 3

Esta sección tipo corresponderá a los tramos por donde el colector cruce acequias o barranco, realizando un refuerzo mediante HNE-20 (figura 3).

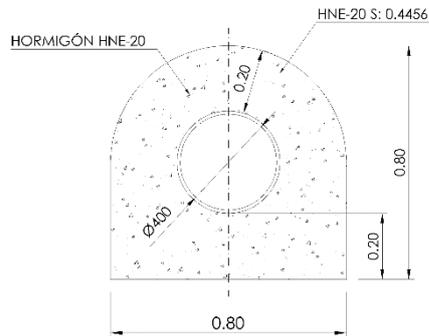


Figura 3. Sección tipo 3 del emisario. [20]

ANEJO 3. CÁLCULOS HIDRAULICOS Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

CONTENIDO

1. Introducción	95
2. Datos de partida	96
2.1. Población y dotación	96
2.2. Caudales.....	96
3. Concentraciones y cargas de entrada a la planta	97
3.1. Carga DBO ₅	98
3.2. Carga DQO.....	99
3.3. Carga sólidos	99
3.4. Carga Nitrógeno total	99
3.5. Carga Fósforo	100
3.6. Temperaturas a considerar	100
4. Rendimientos. Resultados a obtener.....	101
4.1. Salida del tratamiento primario	101
4.2. Salida del tratamiento secundario	101
4.3. Características exigidas en el vertido	101
5. Obra de llegada	102
5.1. Diseño del vertedero de la obra de llegada	102
5.2. Diseño del desbaste.....	103
5.2.1. Rejas.....	103
5.2.2. Tamices: tamiz rotativo.....	107
6. Decantación primaria	108
6.1. Velocidad ascensional.....	108
6.2. Superficie del decantador	109
6.3. Tiempo de retención.....	109
6.4. Volumen del decantador	110
6.5. Carga sobre vertedero	110
6.6. Longitud del vertedero	111
6.7. Perdidas de carga a la entrada	111
7. Producción de fangos primarios	112
7.1. Barrederas de fangos.....	112
7.2. Concentración de fangos primarios.....	112
7.3. Cálculo producción de fangos primarios.....	112
8. Lecho bacteriano o filtro percolador	114
8.1. Parámetros de diseño.....	114
8.1.1. Datos previos para el diseño	114
8.1.2. Concentración DBO ₅ a la entrada del lecho	114
8.1.3. Concentración SST a la entrada del lecho	114

8.1.4.	Carga hidráulica	115
8.1.5.	Carga volúmica o carga orgánica	115
8.1.6.	Recirculación del efluente. Material de soporte: áridos pétreos	115
8.1.7.	Profundidad de los lechos bacterianos	116
8.1.8.	Rendimiento de los lechos bacterianos	117
8.2.	Dimensionamiento del lecho bacteriano	117
8.2.1.	Eficacia requerida	117
8.2.2.	Cálculo del factor de recirculación	117
8.2.3.	Cálculo del volumen del lecho	118
8.2.4.	Dimensiones del lecho bacteriano	118
8.2.5.	Comprobaciones de la carga volúmica	119
9.	Decantación secundaria.....	120
9.1.	Dimensionamiento decantador secundario.....	120
9.1.1.	Superficie.....	120
9.1.2.	Radio	121
9.1.3.	Volumen	121
9.1.4.	Altura.....	121
9.1.5.	Carga sobre vertedero	121
10.	Producción de fangos secundarios.....	122
10.1.	Cálculo producción de fangos secundarios	122
11.	Espesador de fangos	123
11.1.	Parámetros de diseño	123
11.1.1.	Carga de sólidos.....	123
11.1.2.	Carga hidráulica	123
11.1.3.	Altura del espesador	124
11.1.4.	Tiempo de retención	124
11.1.5.	Concentración del fango espesado.....	124
11.2.	Cálculo dimensionamiento espesador de fangos	125
11.2.1.	Caudal del fango que entra en el espesador	125
11.2.2.	Volumen necesario	125
11.2.3.	Superficie necesaria	125
11.2.4.	Altura necesaria.....	126
11.2.5.	Comprobaciones	126
11.3.	Elección del espesador de fangos.....	127
12.	Déposito almacenamiento fangos	128
12.1.	Elección de la tolva de almacenamiento	128
13.	Comprobación características exigidas el vertido	129

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Dotaciones de vertido en litros por habitante y día, según la población abastecida y el nivel de actividad comercial. [30]</i>	96
<i>Tabla 2. Cargas contaminantes tipo en aguas residuales. [3]</i>	97
<i>Tabla 3. Datos mensuales de temperatura del año 2017, Estación Agroclimática</i>	98
<i>Tabla 4. Rendimientos medios habituales tras el tratamiento secundario. [3]</i>	101
<i>Tabla 5. Valores del coeficiente K3. [7]</i>	106
<i>Tabla 6. Velocidades ascensionales a caudal medio [7]</i>	108
<i>Tabla 7. Velocidades ascensionales a caudal máximo [7]</i>	108
<i>Tabla 8. Tiempos de retención recomendados [7]</i>	109
<i>Tabla 9. Carga sobre vertedero [7]</i>	110
<i>Tabla 10. Velocidad de barrederas de fondo [7]</i>	112
<i>Tabla 11. Concentración de fangos primarios [7]</i>	112
<i>Tabla 12. Cantidad de fangos primarios producida</i>	113
<i>Tabla 13. Recomendaciones de carga hidráulica para el diseño de lechos bacterianos de baja carga [3]</i>	115
<i>Tabla 14. Valores de diseño recomendados para la carga volúmica [7]</i>	115
<i>Tabla 15. Valores del coeficiente de recirculación [7]</i>	116
<i>Tabla 16. Valores de diseño recomendados para la profundidad en lechos bacterianos [7]</i>	116
<i>Tabla 17. Valores de diseño recomendados para decantadores secundarios en un proceso de lecho bacteriano [7]</i>	120
<i>Tabla 18. Valores de diseño para la producción de fangos [7]</i>	122
<i>Tabla 19. Cantidad de fangos biológicos producidos</i>	122
<i>Tabla 20. Valores de diseño para la carga de sólidos [7]</i>	123
<i>Tabla 21. Valores de diseño para la carga hidráulica [7]</i>	124
<i>Tabla 22. Valores de diseño para el tiempo de retención [7]</i>	124
<i>Tabla 23. Valores de diseño para la concentración de fango espesado [7]</i>	124
<i>Tabla 24. Datos técnicos de la tolva de almacenamiento [13]</i>	128
<i>Tabla 25. Tabla resumen y comprobación de objetivo del efluente</i>	129

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Esquema de un vertedero rectangular de pared delgada [3].....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 2. Coeficiente k_2 [7].....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 3. Pérdidas de carga admisible en rejillas [7].....</i>	<i>107</i>

1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se desarrollan los cálculos hidráulicos realizados para obtener los datos de partida de la nueva Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR).

Todos los métodos y cálculos recogidos a continuación están basados en el Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales [7] y en el Manual para la Implantación de Sistemas de Depuración en pequeñas poblaciones [3].

2. DATOS DE PARTIDA

Al no disponerse de datos sobre el actual abastecimiento, se van a utilizar las dotaciones recogidas en el Real Decreto 670/2013, de 6 de septiembre [30], por la que se establecen los criterios técnicos para la valoración de daños al dominio público hidráulico y las normas sobre toma de muestras y análisis de vertidos de aguas residuales para poblaciones menores de 10.000 habitantes. [3]

Tabla 1. Dotaciones de vertido en litros por habitante y día, según la población abastecida y el nivel de actividad comercial. [30]

Población abastecida (habitantes)	Actividad comercial alta	Actividad comercial media	Actividad comercial baja
<10.000	220	190	170
10.000-50.000	240	220	190
50.000-250.000	280	250	220
> 250.000	330	300	260

En relación a la tabla 1, se decide que la dotación de proyecto sea de 190 l/he·día.

En cuanto a la población equivalente, se va a tomar como población en temporada baja 605 he y 757 he para la temporada alta. Cálculos realizados en el Anejo 1. Cálculos de población equivalente.

Se consideran así cubiertas las necesidades de depuración actual y futura.

2.1. Población y dotación

		T. Baja	T. Alta	
Población equivalente	Pe	605	757	He
Dotación	Dot	190	190	l/he · día

2.2. Caudales

		T. Baja	T. Alta	
Caudal medio diario total $Q_d = (Pe \cdot Dot)/1000$	Q_m	115	144	m ³ /día
Caudal medio sobre 24h/día $Q_d / 24$		4,80	6,80	m ³ /h
Caudal punta $Q_P = Q_m \cdot C_p$ $C_p = 3$ (poblaciones entre 500 y 1000 he)	Q_P	14,37	18,00	m ³ /h
Caudal máximo $Q_{max} = Q_p \cdot C_{max}$ $C_{max} = 2,5$ (sistema unitario de alcantarillado)	Q_{max}	35,93	45,00	m ³ /h
Caudal mínimo $Q_{min} = Q_m \cdot \text{factor caudal mínimo estimado}$ Factor caudal mínimo= 0,3 (población pequeña)	Q_{min}	1,44	1,80	m ³ /h

3. CONCENTRACIONES Y CARGAS DE ENTRADA A LA PLANTA

En cuanto a las cargas contaminantes tipo en aguas residuales se establecen unos ratios representativos en función del número de habitantes equivalentes. Dichos ratios se exponen en la tabla 2.

Tabla 2. Cargas contaminantes tipo en aguas residuales. [3]

Parámetro	Cargas en g/he día
DBO ₅	60
DQO	120
SS	70
NTK	11
P _T	1,8

Por otro lado, la carga en tiempos de lluvia es difícil de evaluar y depende de diversos factores como condiciones meteorológicas, características de la red, tipo y tamaño de la cuenca, etc.

En pequeñas poblaciones la contaminación de las aguas residuales en tiempos de lluvia puede calcularse a través de ratios o métodos simplificados. En ausencia de medidas directas, pueden proponerse los siguientes valores [3]. Es lo que llamaremos caudal punta más adelante.

- DBO₅ en tiempo de lluvia = 1,5 veces la carga de DBO₅ en tiempo seco
- DQO en tiempo de lluvia = 1,5 veces la carga de DQO en tiempo seco
- SS en tiempo de lluvia = 2 veces la carga de SS en tiempo seco
- NTK en tiempo de lluvia = 1,2 veces la carga de NTK en tiempo seco
- P_T en tiempo de lluvia = 1,2 veces la carga de P_T en tiempo seco

La temperatura del agua residual suele ser siempre más alta que la del ambiente en los meses fríos y más baja en los meses cálidos, variando normalmente entre 10 y 26°C. Si bien en pequeñas poblaciones situadas en zonas de montaña se pueden alcanzar temperaturas por debajo de 10 °C en invierno de forma habitual.

La temperatura del agua residual es un parámetro muy importante por su influencia en el desarrollo de los procesos biológicos. El oxígeno, por ejemplo, es menos soluble en agua caliente que en fría, por lo que los sistemas de aireación deben calcularse teniendo en cuenta temperaturas más altas.

Para evitar sobredimensionamientos excesivos se adopta como temperatura máxima la media del mes más cálido y como temperatura mínima, la media del mes más frío. Para ello, a continuación, en la tabla 3 se muestran las temperaturas máximas y mínimas recogidas en el año 2017 en la Estación Agroclimática del Arenzana de Abajo [31].

Tabla 3. Datos mensuales de temperatura del año 2017, Estación Agroclimática de Arezana de Abajo. [31]

Fecha	Temperatura (°C)		
	Max	Min	Med
Enero -2017	14,8	-6,7	3,4
Febrero	19,6	-1,4	7,3
Marzo	27,3	-3,4	9,9
Abril	26,9	-2,6	11,4
Mayo	32,5	-1,1	16,6
Junio	36,2	9,2	20,4
Julio	36,5	8,2	21,1
Agosto	35,7	7,4	20,5
Septiembre	29,4	4,1	16,0
Octubre	27,3	2,8	13,9
Noviembre	19,8	-2,8	7,3
Diciembre	17,7	-4,1	5,4
Enero - 2018	19,9	-5,8	5,9

A la vista de los datos anteriores, se decide aumentar la temperatura mínima a 10 °C y la máxima en 21 °C para la realización de los cálculos del proceso. En cambio, para los cálculos de la demanda de oxígeno se considera aumentar la temperatura a 22 °C.

3.1. Carga DBO₅

	T. Baja	T. Alta	
Aporte carga DBO₅ por habitante equivalente	60,00	60,00	g/he · día
Concentración DBO₅ (aporte carga DBO ₅ · 1000) / Dot	316,00	316,00	mg/l
Concentración punta DBO₅ Concentración DBO ₅ · 1,5	474,00	474,00	mg/l
Carga diaria DBO₅: (concentración DBO ₅ · Q _m) / 1000	36,30	45,40	kg/día

3.2. Carga DQO

	T. Baja	T. Alta	
Aporte carga DQO por habitante equivalente	120,00	120,00	g/he · día
Concentración DQO (aporte carga DQO · 1000) / Dot	632,00	632,00	mg/l
Concentración punta DQO Concentración DQO · 1,5	947,40	947,40	mg/l
Carga diaria DQO: (concentración DQO · Q _m) / 1000	72,60	90,80	kg/día
Relación DBO₅/DQO Concentración DBO ₅ / concentración DQO	0,50	0,50	

3.3. Carga sólidos

	T. Baja	T. Alta	
Aporte carga SS por habitante equivalente	70,00	70,00	g/he · día
Concentración SST (aporte carga SST · 1000) / Dot	368,00	368,00	mg/l
Concentración punta SST Concentración SST · 2	736,80	736,80	mg/l
Carga diaria SST (concentración SST · Q _m) / 1000	42,00	53,00	kg/día

3.4. Carga Nitrógeno total

	T. Baja	T. Alta	
Aporte carga NTK por habitante equivalente	11,00	11,00	g/he · día
Concentración NTK (aporte carga NTK · 1000) / Dot	58,00	58,00	mg/l
Concentración punta NTK Concentración NTK · 1,2	69,50	69,50	mg/l
Carga diaria NTK (concentración NTK · Q _m) / 1000	6,70	8,30	kg/día
Concentración punta NTK Concentración NTK * factor punta NTK	60,00	60,00	mg/l
Relación DBO₅/NTK Concentración DBO ₅ / concentración NTK	5,50	5,50	

3.5. Carga Fósforo

	T. Baja	T. Alta	
Aporte carga P_T por habitante equivalente	1,80	1,80	g/he · día
Concentración P-total (aporte carga $P_T \cdot 1000$) / Dot	9,00	9,00	mg/l
Concentración punta P-total Concentración $P_T \cdot 1,2$	11,40	11,40	mg/l
Carga diaria P-total (concentración $P_T \cdot Q_m$) / 1000	1,10	1,40	kg/día
Relación DBO_5 / P-total Concentración DBO_5 / concentración P_T	33,33	33,33	

3.6. Temperaturas a considerar

	Min	Max	
Temperaturas para el cálculo del proceso	10	21	°C
Temperatura considerada para la demanda de oxígeno		22	°C

4. RENDIMIENTOS. RESULTADOS A OBTENER.

A continuación se detallan los rendimientos de depuración característicos.

4.1. Salida del tratamiento primario

Los rendimientos exigidos al tratamiento primario serán de:

- 55% de eliminación de SS
- 30% de eliminación de DBO₅
- 35% de eliminación de DQO
- 10% de eliminación de NTK
- 5% de eliminación de P_T

4.2. Salida del tratamiento secundario

Los rendimientos medios habituales que se alcanzan con el empleo de Lechos Bacterianos son los recogidos en la tabla 4.

Tabla 4. Rendimientos medios habituales tras el tratamiento secundario. [3]

Parámetro	% Reducción
Sólidos en suspensión	85-95
DBO ₅	85-95
DQO	80-90
N	30-35
P	10-35

4.3. Características exigidas en el vertido

Las características exigidas al vertido en salida son:

DBO₅ < 25 mg/l
 DQO < 125 mg/l
 Sólidos en suspensión < 35 mg/l
 Reducción de MO en digestión > 40%
 Sequedad fango deshidratado >25%
 Nitrógeno total ≤ 15 mg/l
 Fosforo total ≤ 1,0 mg/l

5. OBRA DE LLEGADA

Para el diseño de la etapa de pretratamiento se precisa conocer:

- Caudal medio de las aguas a tratar: 144 m³/d
- Caudal máximo de las aguas a tratar: 45,00 m³/h

Se utilizan los valores de temporada alta ya que será la época en la que la EDAR tenga que asumir un mayor caudal.

5.1. Diseño del vertedero de la obra de llegada

En las pequeñas depuradoras el vertedero de la obra de llegada cumple generalmente dos funciones, aliviar los caudales que lleguen por los colectores de entrada superiores a la capacidad de tratamiento de la EDAR y servir como by-pass general de la planta. Por lo tanto, su dimensionamiento se realizará en función del caudal máximo de agua residual que pueda llegar a través de los colectores.

El caudal del vertedero viene dado por la siguiente fórmula general:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Siendo:

Q = caudal vertido por el aliviadero (m³/s)

μ = coeficiente de caudal de vertedero (adimensional)

L = longitud del vertedero (m)

h = altura de lámina de agua sobre el vertedero (m) (comprendidas entre 0,1 y 0,6 m)

g = gravedad (m/s²)

En este tipo de Estaciones Depuradoras, lo más frecuente es emplear un vertedero rectangular de pared delgada, en un canal sin contracción lateral y con vertido de lámina libre.

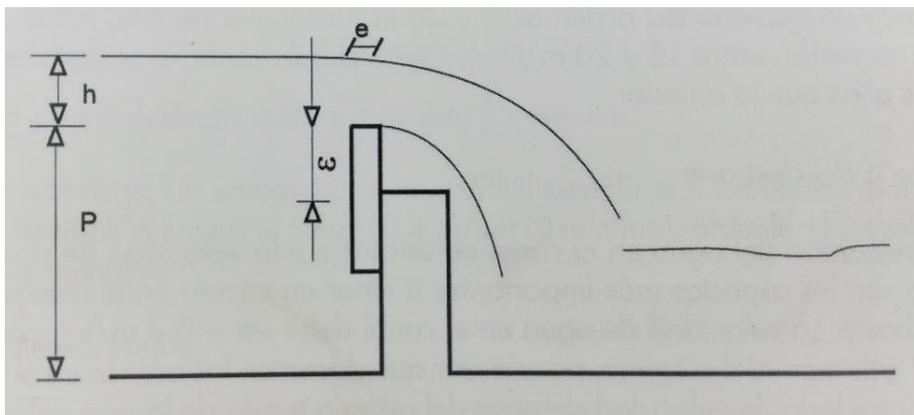


Figura 1. Esquema de un vertedero rectangular de pared delgada [3]

Para simplificar la expresión se puede adoptar el valor de 0,43 para $\frac{2}{3} \cdot \mu$ en la fórmula general, quedando:

$$Q = 1,9 \cdot L \cdot \sqrt{h^3}$$

Siendo:

$$h = 0,16 \text{ m}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$Q = 1,9 \cdot 1 \cdot \sqrt{0,16^3} = 0,1216 \text{ m}^3/\text{s} = 437,76 \text{ m}^3/\text{s}$$

Capacidad máx de alivio: 437,76 m³/s

5.2. Diseño del desbaste

5.2.1. Rejas.

La velocidad del agua en el canal de desbaste y la velocidad de paso a través de la reja con los aspectos más importantes a tener en cuenta en el diseño de la etapa de desbaste.

Para evitar que se decantes las arenas en el fondo del canal, la velocidad del agua en el canal debe ser:

- A caudal mínimo: $\geq 0,4 \text{ m/s}$
- A caudal máximo: $\geq 0,9 \text{ m/s}$

Por otro lado, la velocidad de paso del agua a través de la reja debe ser la suficiente para que los sólidos se apliquen sobre la reja, pero sin que se produzca una excesiva pérdida de carga ni se ataque la parte profunda de los barrotes.

Para ello se adopta una velocidad de paso a través de la reja:

- A caudal medio: $\leq 1,0 \text{ m/s}$
- A caudal máximo: $\leq 1,4 \text{ m/s}$

5.2.1.1. Ancho del canal

La anchura del canal en la zona de las rejas vendrá dada por la siguiente expresión:

$$W = \frac{Q_{max}}{v \cdot h} \cdot \left(\frac{a + s}{s} \right) + C_{rej}$$

Siendo:

W = ancho del canal en la zona de las rejas (m)

Q = caudal máximo que pasa por el canal

$$Q_{max} = 45,00 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0125 \text{ m}^3/\text{s}$$

v = velocidad de paso del agua entre los barrotes

$$\text{Valor usual} = 1,4 \text{ m/s}$$

h = altura del agua en el canal aguas arriba de la reja (m)

a = ancho de los barrotes (mm)

$$a = 10 \text{ mm}$$

s = separación entre barrotes (mm)

$$s = 40 \text{ mm}$$

C_{rej} = coeficiente de seguridad que tiene en cuenta el grado de colmatación de la reja.

Para rejillas gruesas se adopta 0,3 (30% de colmatación)

Para determinar el valor de h (nivel aguas arriba de la rejilla a caudal máximo) deben conocerse las características hidráulicas del canal de entrada. En caso de no fuera posible, puede realizarse el cálculo a través de la fórmula siguiente. Calculada para una velocidad de paso de 1 m/s.

$$h = 0,15 + 0,74\sqrt{Q_{max}}$$

Por lo tanto, realizando el cálculo para una Q_{max} igual a 0,0125 m³/s queda:

$$h = 0,15 + 0,74\sqrt{0,0125} = 0,15 + 0,74\sqrt{0,0125} = 0,2327 \text{ m}$$

$$W = \frac{Q_{max}}{v \cdot h} \cdot \left(\frac{a+s}{s}\right) + C_{rej} = \frac{0,0125}{1,4 \cdot 0,2327} \cdot \left(\frac{10+40}{40}\right) + 0,3 = 0,35 \text{ m}$$

Los datos que se usan para el diseño son:

$h = 0,23 \text{ m}$ (nivel aguas arriba de la rejilla a caudal máximo)

$W = 0,4 \text{ m}$ (ancho del canal de rejillas)

5.2.1.2. Pérdida de carga a través de una reja.

La pérdida de carga puede establecerse según la fórmula:

$$\Delta h = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Siendo:

Δh = pérdida de carga (m)

v = velocidad de paso en el canal (m/s)

$$v = 1 \text{ m/s}$$

g = gravedad (m/s^2)

K_1 = atascamiento

K_2 = forma de sección horizontal de los barrotes

K_3 = sección de paso entre barrotes

Los valores de K_1 son los siguientes:

- Reja limpia: $k_1 = 1$
- Reja atascada: $K_1 = (100/C)^2$
siendo C el porcentaje de sección de paso que subsiste en el atascamiento. Suponemos $C=70\%$

$$K_1 = \left(\frac{100}{70}\right)^2 = 2,041$$

Los valores de K_2 son los mostrados en la Figura 2.

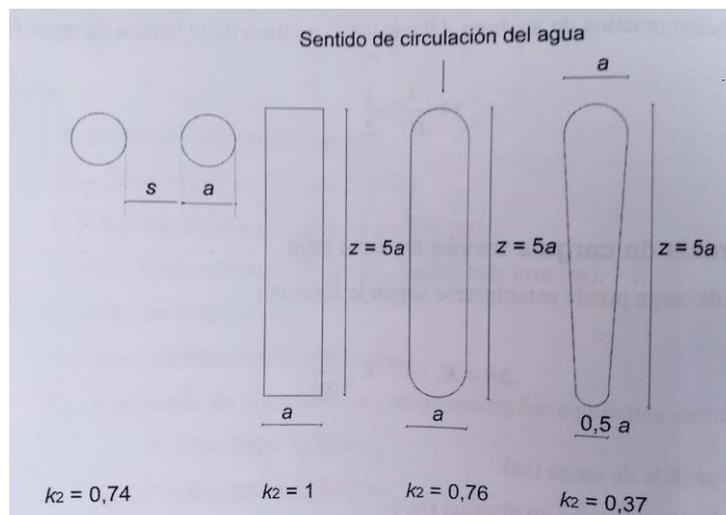


Figura 2. Coeficiente k_2 [7]

Se adopta como tipo de rejas las circulares, por lo que $K_2=0,74$.

- Los valores de K_3 se obtendrán entrando en la tabla 5 con los valores indicados, donde:

s = separación libre entre barrotes

$$s = 40 \text{ mm}$$

a = anchura entre barrotes

$$a = 10 \text{ mm}$$

z = espesor de los barrotes

$$z = a = 10 \text{ mm}$$

h = altura sumergida de los barrotes, vertical u oblicua

$$h = 0,23 \text{ m}$$

Tabla 5. Valores del coeficiente K_3 . [7]

		$\left(\frac{s}{s+a}\right)$									
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\frac{z}{4} \left(\frac{2}{s} + \frac{1}{h} \right)$	0	245	51,5	18,2	8,25	4,0	2,0	0,97	0,42	0,13	0
	0,2	230	48	17,4	7,70	3,75	1,87	0,91	0,40	0,13	0,01
	0,4	221	46	16,6	7,40	3,60	1,80	0,88	0,39	0,13	0,01
	0,6	199	42	15	6,60	3,20	1,60	0,80	0,36	0,13	0,01
	0,8	164	34	12,2	5,50	2,70	1,34	0,66	0,31	0,12	0,02
	1	149	31	11,1	5,00	2,40	1,20	0,61	0,29	0,11	0,02
	1,4	137	28,4	10,3	4,60	2,25	1,15	0,58	0,28	0,11	0,03
	2	134	27,4	9,90	4,40	2,20	1,13	0,58	0,28	0,12	0,04
	3	132	27,5	10,0	4,50	2,24	1,17	0,61	0,31	0,15	0,05

Cálculo de las relaciones:

$$\frac{z}{4} \left(\frac{2}{s} + \frac{1}{h} \right) = \frac{10}{4} \left(\frac{2}{40} + \frac{1}{230} \right) = 0,1358$$

$$\left(\frac{s}{s+a} \right) = \left(\frac{40}{40+10} \right) = 0,80$$

Y entrando en la tabla 5, se obtiene $K_3=0,41$

Con lo que la pérdida de carga es:

$$\Delta h = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \frac{v^2}{2g} = 2,041 \cdot 0,74 \cdot 0,41 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,8} = 0,03159 \text{ m}$$

$$\Delta h = 3,16 \text{ cm}$$

Se comprueba que el valor de la pérdida de carga es admisible según la Figura 3.

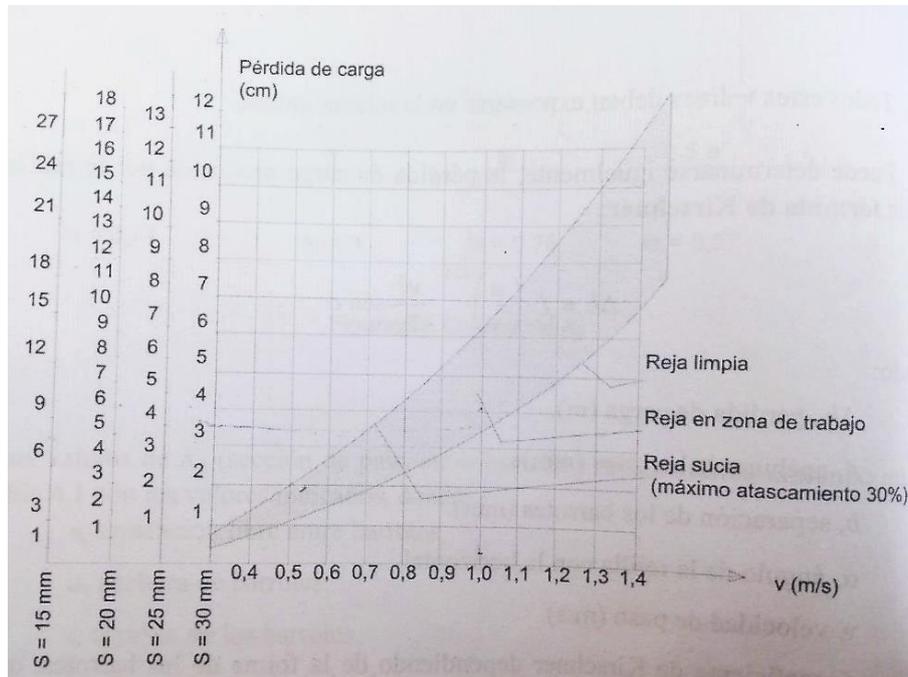


Figura 3. Pérdidas de carga admisible en rejillas [7]

A una velocidad de 1m/s y con una separación entre rejillas de 40 mm (en el gráfico cogemos $s=30$ mm como valor más próximo) podemos concluir que la reja se encuentra en zona de trabajo

Para el cálculo del volumen de materias retenido en las rejillas se pueden adoptar las siguientes cifras basadas en la experiencia: $20 \leq s \leq 40$ mm: 5-10 l/hab.año.

5.2.2. Tamices: tamiz rotativo

Los parámetros a considerar en el diseño de una instalación de tamizado son básicamente los mismos que para las rejillas:

- Velocidad de paso o caudal, que es posible tratar con una unidad determinada de tamiz
- Dimensiones constructivas del equipo: ancho del canal o sección de las tuberías influentes y efluentes
- Pérdida de carga
- Cantidad de materias retenidas

No existen fórmulas generales para el cálculo de estos parámetros debido a la enorme diversidad de equipos existentes en el mercado. Habrá que elegir el tipo de equipo sobre catálogo.

Se utilizará un único tamiz rotativo con una luz de 3mm.

6. DECANTACIÓN PRIMARIA

Los datos previos que se precisan conocer para el diseño de la decantación primaria son:

Caudal medio horario de las aguas a tratar: $Q_m = 6 \text{ m}^3/\text{h}$

Caudal máximo de las aguas a tratar: $Q_{\max} = 45 \text{ m}^3/\text{h}$

Para el diseño de los decantadores primarios se procede a la determinación de:

- Velocidad ascensional
- Tiempo de retención correspondiente a caudales medios y máximos
- Carga sobre vertedero

A partir de estos datos se podrá calcular el resto de parámetros de diseño.

6.1. Velocidad ascensional

Se define como el cociente entre el caudal a tratar y la superficie de decantación.

$$V_{asc} = \frac{Q}{S}$$

Siendo:

S = superficie de decantación (m^2)

Q = caudal a tratar (m^3/h)

V_{asc} = velocidad ascensional (m/h)

Los valores de la velocidad ascensional pueden obtenerse directamente de los valores recomendados. Estos valores pueden obtenerse de las siguientes tablas.

Tabla 6. Velocidades ascensionales a caudal medio [7]

Velocidades ascensionales a caudal medio			
Tipo de decantador	Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo
Decantadores circulares	1,00 m/h	1,50 m/h	2,00 m/h
Decantadores rectangulares	0,80 m/h	1,30 m/h	1,80 m/h

Tabla 7. Velocidades ascensionales a caudal máximo [7]

Velocidades ascensionales a caudal máximo			
Tipo de decantador	Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo
Decantadores circulares	2,00 m/h	2,50 m/h	3,00 m/h
Decantadores rectangulares	1,80 m/h	2,20 m/h	2,60 m/h

Como se ha diseñado un decantador rectangular las velocidades ascensionales son las siguientes:

- A caudal medio: $V_{asc} = 1,30 \text{ m/h}$
- A caudal máximo: $V_{asc} = 2,20 \text{ m/h}$

6.2. Superficie del decantador

La superficie del decantador será la máxima obtenida aplicando estos valores recomendados de la velocidad ascensional a caudal medio y caudal máximo de diseño.

A caudal medio:

$$V_{asc} = \frac{Q_m}{S} \rightarrow 1,30 = \frac{6}{S} \rightarrow S = 4,61 \text{ m}^2$$

A caudal máximo:

$$V_{asc} = \frac{Q_{max}}{S} \rightarrow 2,20 = \frac{45}{S} \rightarrow S \geq 20,45 \text{ m}^2$$

La superficie máxima es la obtenida a caudal máximo. Para el diseño se utilizará el valor de $S = 25 \text{ m}^2$.

6.3. Tiempo de retención

Se define como el cociente entre el volumen del tanque de decantación y el caudal de las aguas residuales a tratar.

$$t_R = \frac{V}{Q}$$

Siendo:

V = volumen de decantación (m^3)

Q = caudal a tratar (m^3/h)

t_R = tiempo de retención (h)

Los valores del tiempo de retención pueden obtenerse de acuerdo con los valores recomendados para el diseño de decantación primaria.

Tabla 8. Tiempos de retención recomendados [7]

Tiempo de retención			
	Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo
A caudal medio	1,50 h	2,00 h	3,00 h
A caudal máximo	1,00 h	1,50 h	2,00 h

Se escogen los valores intermedios, por lo que el tiempo de retención de diseño será:

A caudal medio: $t_R = 2,00 \text{ h}$

A caudal máximo: $t_R = 1,50 \text{ h}$

6.4. Volumen del decantador

El volumen teórico del decantador será el máximo obtenido aplicando estos valores recomendados a caudal medio y caudal máximo en la fórmula anterior del tiempo de retención.

A caudal medio:

$$t_R = \frac{V}{Q_m} \rightarrow 2 = \frac{V}{6} \rightarrow V = 12 \text{ m}^3$$

A caudal máximo:

$$t_R = \frac{V}{Q_{max}} \rightarrow 1,50 = \frac{V}{45} \rightarrow V = 67,5 \text{ m}^3$$

Por tanto, el volumen máximo es el obtenido a caudal máximo, se acepta como valor de diseño $V = 68 \text{ m}^3$.

6.5. Carga sobre vertedero

Se define como el cociente entre el caudal a tratar y la longitud necesaria de vertedero. Se puede decir que la carga sobre vertedero corresponde al caudal de efluente por metro lineal de vertedero de salida para caudal máximo.

$$V_{vert} = \frac{Q}{L}$$

Siendo:

L = longitud necesaria de vertedero (m)

Q = caudal a tratar (m^3/h)

V_{vert} = carga sobre vertedero ($\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$)

La carga sobre vertedero puede obtenerse en función de los valores recomendados.

Tabla 9. Carga sobre vertedero [7]

Carga sobre vertedero ($\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$)			
	Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo
Decantadores circulares	5	9,5	18
Decantadores rectangulares	5	10	26

Suele limitarse a $<40 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$. En decantadores rectangulares se registra un valor típico igual a $V_{\text{vert}} = 10 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$.

6.6. Longitud del vertedero

La longitud del vertedero se obtendrá del cálculo del cociente del caudal entre la carga sobre vertedero, a caudal máximo y caudal medio, a partir de la fórmula del apartado anterior.

A caudal medio:

$$V_{\text{vert}} = \frac{Q_m}{L} \rightarrow 10 = \frac{6}{L} \rightarrow L = 0,6 \text{ m}$$

A caudal máximo:

$$V_{\text{vert}} = \frac{Q_{\text{max}}}{L} \rightarrow 10 = \frac{45}{L} \rightarrow L = 4,5 \text{ m}$$

La longitud máxima de vertedero corresponde a la calculada con el caudal máximo $L=4,5\text{m}$, se decide tomar como longitud de diseño **$L = 5 \text{ m}$** .

6.7. Perdidas de carga a la entrada

En decantadores rectangulares de flujo horizontal, puede tomarse como valor del dimensionamiento del sistema en relación con la pérdida de carga ocasionada por el sistema de entrada al decantador:

$$\Delta h = 0,2 - 0,30 \text{ m}$$

7. PRODUCCIÓN DE FANGOS PRIMARIOS

7.1. Barrederas de fangos

Las barrederas de fondo en decantadores primarios suelen tener unos valores de velocidad lineal (v_r) estimados:

Tabla 10. Velocidad de barrederas de fondo [7]

	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
V_r (m/min)	0,3	0,6	1,2

Se escoge como valor de diseño $V_r=0,6$ m/min.

La inclinación de los fondos para dichas rasquetas suelen ser en decantadores rectangulares del 0,5% al 2%.

7.2. Concentración de fangos primarios

Como valores usuales de la concentración de fangos primarios en la salida de purga del decantador pueden tomarse:

Tabla 11. Concentración de fangos primarios [7]

Concentración de fangos primarios (%)			
	Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo
Decantadores de succión	1	1,5	3
Decantadores de pocetas	3	5	6

7.3. Cálculo producción de fangos primarios

La cantidad de fangos producidos en la decantación primaria suele calcularse directamente multiplicando la concentración de sólidos en suspensión en el agua bruta por un coeficiente de reducción de sólidos en decantación primaria. Este coeficiente (K) oscila entre 40% y el 60%.

La cantidad de fangos viene dada por la expresión:

$$F_1 = K \cdot \text{carga SST}$$

Se fija un rendimiento de eliminación de SS del 55%. Por tanto, la cantidad de fangos producidos será:

$$F_1(\text{SST}) = 0,55 \cdot 53 \text{ kg SST/día} = 29,15 \text{ kg SST/día}$$

Suponiendo que la fracción de volátiles para fangos primarios es del 70 % con respecto a los SST [7], a partir de estos datos se calcula:

$$F_1(\text{SSV}) = 0,70 \cdot 29,15 \text{ kg SST/día} = 20,40 \text{ kg SSV/día}$$

Tabla 12. Cantidad de fangos primarios producida

Fangos primarios	
SST:	29,15 kg /día
SSV:	20,40 kg/día

De acuerdo con la tabla 11, la concentración de purga será 3%.

8. LECHO BACTERIANO O FILTRO PERCOLADOR

8.1. Parámetros de diseño

8.1.1. Datos previos para el diseño

Para el diseño de los sistemas de lechos bacterianos se precisa conocer:

- Caudal medio diario: $Q_{md} = 144 \text{ m}^3/\text{día}$ (temporada alta)
- Caudal medio horario: $Q_m = 6,9 \text{ m}^3/\text{h}$ (temporada alta)
- Caudal máximo: $Q_{max} = 45 \text{ m}^3/\text{h}$ (temporada alta)
- Concentración DBO_5 a la entrada del lecho
- Concentración SST a la entrada del lecho

8.1.2. Concentración DBO_5 a la entrada del lecho

El rendimiento esperado de la decantación primaria corresponde con un 30% de reducción de la DBO_5 . Siendo la carga de DBO_5 en el agua bruta igual a $45,4 \text{ kg}/\text{día}$, y la concentración de DBO_5 en el agua bruta $316 \text{ mg}/\text{l}$, a continuación se realizan los cálculos para conocer la carga y la concentración de DBO_5 a la entrada del lecho.

$$\text{Carga } \text{DBO}_5 = 45,4 \text{ kg}/\text{día} \cdot (1 - 0,30) = 31,78 \text{ kg}/\text{día}$$

$$\text{Concentración } \text{DBO}_5 = 316 \text{ mg}/\text{l} \cdot (1 - 0,30) = 221,2 \text{ mg}/\text{l}$$

Por lo tanto:

- **Carga de DBO_5 a la entrada del lecho = $31,78 \text{ kg}/\text{día}$**
- **Concentración de DBO_5 a la entrada del lecho = $221,2 \text{ mg}/\text{l}$**

De acuerdo con el Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales [7], las características exigidas del vertido a la salida del tratamiento para la DBO_5 es una concentración menor de $25 \text{ mg}/\text{l}$. Por lo que el rendimiento total necesario en el lecho bacteriano: $\frac{221-25}{221} = 0,8868 = 88,7\%$.

La **eficacia** requerida es **88,7%**.

8.1.3. Concentración SST a la entrada del lecho

El rendimiento esperado de la decantación primaria corresponde con un 55% de reducción de los SST. Siendo la carga de SST en el agua bruta igual a $53 \text{ kg}/\text{día}$, y la concentración de SST en el agua bruta $368 \text{ mg}/\text{l}$, a continuación, se realizan los cálculos para conocer la carga y la concentración de sólidos en suspensión a la entrada del lecho.

$$\text{Carga SST} = 53 \text{ kg}/\text{día} \cdot (1 - 0,55) = 23,85 \text{ kg}/\text{día}$$

$$\text{Concentración SST} = 368 \text{ mg/l} \cdot (1 - 0,55) = 165,6 \text{ mg/l}$$

Por lo tanto:

- **Carga de SST** a la entrada del lecho = **23,85 kg/día**
- **Concentración de SST** a la entrada del lecho = **165,6 mg/l**

De acuerdo con el Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales [7], las características exigidas del vertido a la salida del tratamiento para los SST es una concentración menor de 35 mg/l. Por lo que el rendimiento total necesario en el lecho bacteriano: $\frac{166-35}{166} = 0,7891 = 79\%$.

8.1.4. Carga hidráulica

La carga hidráulica se expresa en m³ de agua aplicada por m² de superficie del lecho. Esta carga es la que condiciona la velocidad de paso a través del material y por tanto, el tiempo de retención, que es el factor del que depende, en condiciones normales, la eliminación de la DBO y el rendimiento del sistema.

En la tabla siguiente se muestran los valores de diseño recomendados de carga hidráulica para el diseño de Lechos Bacterianos de baja carga.

Tabla 13. Recomendaciones de carga hidráulica para el diseño de lechos bacterianos de baja carga [3]

Carga hidráulica máxima (referido al caudal máximo con recirculación)	
Relleno de piedras	>0,4 m ³ /m ² ·h
Relleno de plástico	>0,8 m ³ /m ² ·h

8.1.5. Carga volúmica o carga orgánica

Este parámetro indica los kg de DBO₅ aplicados diariamente por m³ de material filtrante. Los valores recomendados pueden obtenerse de la siguiente tabla.

Tabla 14. Valores de diseño recomendados para la carga volúmica [7]

Carga volúmica (kg DBO ₅ /m ³ ·d)				
Tipo de lecho	Baja carga	Media carga	Alta carga	
	Piedra	Piedra	Piedra	Plástico
	0,08 – 0,4	0,3 – 0,7	0,4 – 1,8	0,4 – 5,0

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

La recirculación de una parte del efluente ya sea al decantador primario o al lecho bacteriano directamente, persigue mejorar el rendimiento del proceso.

Se define como **coeficiente de recirculación**:

$$r = \frac{Q_R}{Q}$$

Siendo:

r = coeficiente de recirculación.

Q = caudal de agua residual que entra en la planta

Q_R = caudal recirculado

Para el dimensionamiento se recomienda el empleo de los siguientes valores:

Tabla 15. Valores del coeficiente de recirculación [7]

Coeficiente de recirculación	
DBO ₅ de salida del decantador primario (mg/l)	Recirculación (%)
≤100	50
100-25	100
125-150	150
150-175	200
≥ 175	250

Se denomina **factor de recirculación (F)** al número de veces que la materia orgánica pasa por el lecho. Este factor viene dado por la siguiente ecuación:

$$F = \frac{1 + r}{(1 + 0,1 \cdot r)^2}$$

8.1.7. Profundidad de los lechos bacterianos.

Los valores recomendados de diseño para la profundidad de un lecho bacteriano pueden obtenerse de la tabla 16.

Tabla 16. Valores de diseño recomendados para la profundidad en lechos bacterianos [7]

Profundidad de un lecho bacteriano				
Tipo de lecho	Baja carga	Media carga	Alta carga	
	Piedra	Piedra	Piedra	Plástico
Profundidad:				
Una etapa (m)	1,8-3,0	1,5-2,5	0,9-2,4	3,0-12,0
Varias etapas (m)		0,75-1,2	0,5-1,2	1,5-5,0

8.1.8. Rendimiento de los lechos bacterianos

El National Research Council (NRC) [32] ha dado una serie de fórmulas para establecer el rendimiento de los lechos bacterianos. Son ecuaciones que relacionan la eficiencia del lecho con la carga hidráulica y la orgánica específica. Son expresiones empíricas obtenidas del estudio del comportamiento de plantas reales.

Para un filtro de material pétreo de un proceso de filtración de conste de un solo filtro, la ecuación a aplicar es la siguiente:

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0,4425 \cdot \sqrt{\frac{W}{V \cdot F}}}$$

Siendo:

E_1 = rendimiento de eliminación de la DBO a la temperatura de 20°C, incluyendo los efectos de recirculación y la sedimentación (porcentaje)

W = carga de DBO aplicada al filtro (kg/día)

V = volumen del medio filtrante (m³)

F = factor de recirculación

8.2. Dimensionamiento del lecho bacteriano

Los cálculos se realizan para un lecho bacteriano relleno de un material pétreo, formado por un sistema de distribución móvil para el reparto homogéneo del agua, de etapa única, abierto y con una forma circular. Ventilación natural.

Se parte de los datos de partida expuestos en el apartado 7.1.1 y las fórmulas y parámetros anteriores.

8.2.1. Eficacia requerida

La eficacia requerida ya ha sido calculada en el apartado 7.1.2.

$$E = \frac{221 - 25}{221} = 0,8868 = \mathbf{88,7\%}$$

8.2.2. Cálculo del factor de recirculación

A partir de los valores recomendados en la tabla 15, se establece la relación de recirculación de 250%, es decir, el **coeficiente de recirculación** es:

$$r = \frac{Q_R}{Q} = \frac{2,5 \cdot Q}{Q} = \mathbf{2,5}$$

Y por tanto el **factor de recirculación**:

$$F = \frac{1 + r}{(1 + 0,1 \cdot r)^2} = \frac{1 + 2,5}{(1 + 0,1 \cdot 2,5)^2} = 2,24$$

8.2.3. Cálculo del volumen del lecho

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0,4425 \cdot \sqrt{\frac{W}{V \cdot F}}}$$

Datos:

W = carga de la DBO₅ aplicada al lecho = 31,78 kg/día

F = factor de recirculación = 2,24

E₁ = eficacia = 88,7%

V = volumen del medio filtrante

Sustituyendo y despejando se obtiene:

$$88,7 = \frac{100}{1 + 0,4425 \cdot \sqrt{\frac{31,78}{V \cdot 2,24}}} \rightarrow V = 171,16 \text{ m}^3$$

8.2.4. Dimensiones del lecho bacteriano

Se selecciona de la tabla 13 una carga hidráulica para un lecho bacteriano de baja carga con relleno pétreo.

Carga hidráulica: **C_H = 0,4 m³/m²h**

Se deduce la superficie necesaria, el radio y la altura del lecho:

- Superficie:

$$C_H = \frac{\text{caudal aplicado}}{\text{superficie lecho}} = \frac{6 + 2,5 \cdot 6}{A} = 0,4 \rightarrow A = 52,5 \text{ m}^2$$

- Radio

$$R = \sqrt{\frac{52,5}{\pi}} = 4,08 \text{ m} \rightarrow R = 4 \text{ m}$$

- Altura del lecho

$$h = \frac{V}{A} = \frac{171,16}{52,5} = 3,2 \text{ m} \rightarrow h = 3,5 \text{ m}$$

La altura se pasa unos centímetros de lo recomendado (tabla 16), al ser un valor tan pequeño se acepta como válido.

8.2.5. Comprobaciones de la carga volúmica

A continuación se calcula la carga volúmica y se comprueba según los valores recomendados de la tabla 14.

$$Carga\ volúmica = \frac{kgDBO_5/d}{m^3lecho} = \frac{31,78\ kg/d}{171,16\ m^3} = \mathbf{0,185\ kg\ DBO/m^3d}$$

Según la tabla 14, nos encontramos dentro de los valores recomendados para lechos de baja carga y material pétreo.

Por lo que el dimensionamiento es válido.

9. DECANTACIÓN SECUNDARIA

El diseño de los tanques de la decantación secundaria es muy similar al de los decantadores primarios, con la excepción de que la carga superficial o velocidad ascensional toma como caudal de cálculo el caudal de diseño del tratamiento biológico más el caudal de recirculación cuando se realiza a caudal medio (Q_m). No se suele considerar la recirculación cuando se hace la comprobación a caudal máximo al entenderse que a caudal máximo el nivel de dilución es ya muy elevado y el proceso no va a requerir la recirculación del efluente.

En la tabla siguiente se indican los valores de diseño recomendados para este tipo de instalaciones.

Tabla 17. Valores de diseño recomendados para decantadores secundarios en un proceso de lecho bacteriano [7]

Valores recomendados		
Parámetro	Q_m	Q_{max}
Velocidad ascensional (m^3/m^2h)	0,7-1,0	1,5-2,0
Tiempo de retención (h)	2,5	1,5
Carga sobre vertedero ($m^3/h ml$)	$\leq 8,5$	≤ 15

En cuanto a la altura de la recta sobre vertedero, se recomienda los siguientes valores:

$$3,0 \leq h \leq 3,6 \text{ m}$$

9.1. Dimensionamiento decantador secundario

Se adoptan los valores de diseño de la tabla 17.

- A caudal medio:

Velocidad ascensional = 1 m/h

Tiempo de retención = 2,5 h

- A caudal máximo:

Velocidad ascensional = 1,5 m/h

Tiempo de retención = 1,5 h

9.1.1. Superficie

Se calcula la superficie del decantador a caudal medio y caudal máximo y se adopta el de mayor valor.

- Caudal medio

$$A = \frac{(Q_m + R)}{V_{asc}} = \frac{(6 + 2,5 \cdot 6)}{1} = 21 \text{ m}^2$$

- Caudal máximo

$$A = \frac{Q_{max}}{V_{asc}} = \frac{45}{1,5} = 30 \text{ m}^2$$

9.1.2. Radio

Se adopta el mayor valor de superficie mayor y se calcula el radio a través de la siguiente fórmula:

$$R = \sqrt{\frac{30}{\pi}} = 3,09\text{m} \rightarrow \mathbf{R = 3 \text{ m}}$$

9.1.3. Volumen

Se calcula el volumen del decantador a caudal medio y caudal máximo y se acepta como valor de diseño el mayor.

- Caudal medio

$$V = (Q_m + R) \cdot t_R = 21 \cdot 2,5 = 52,5 \text{ m}^3$$

- Caudal máximo

$$V = (Q_{max}) \cdot t_R = 45 \cdot 1,5 = \mathbf{67,5 \text{ m}^3}$$

9.1.4. Altura

Adoptando la solución de volumen más desfavorable, mayor volumen y valor área, se calcula la altura:

$$h = \frac{V}{A} = \frac{67,5}{30} = 2,25 \text{ m} \rightarrow \mathbf{h = 2,5 \text{ m}}$$

9.1.5. Carga sobre vertedero

Se calcula la carga sobre vertedero para caudal máximo y mínimo y se comprueba con los valores recomendados de la tabla 17.

- A caudal medio

$$C_{vert} = \frac{(Q_m + R)}{\text{longitud vertedero}} = \frac{6 + 2,5 \cdot 6}{2 \cdot \pi \cdot 3} = 1,114 \text{ m}^3/\text{hml}$$

- A caudal máximo

$$C_{vert} = \frac{(Q_{max})}{\text{longitud vertedero}} = \frac{45}{2 \cdot \pi \cdot 3} = 2,38 \text{ m}^3/\text{hml}$$

La carga sobre vertedero a caudal medio es menor que 8,5 m³/hml, por lo que es válido.

La carga sobre vertedero a caudal máximo es menor que 15 m³/hml, por lo que es válido.

10. PRODUCCIÓN DE FANGOS SECUNDARIOS

El cálculo de la producción de fangos en sistemas de lechos bacterianos se efectúa en base a ratios experimentales

Los valores reflejados en la siguiente tabla son los valores de diseño para la producción de fangos.

Tabla 18. Valores de diseño para la producción de fangos [7]

Producción de fangos	Valores recomendados	
	Valor mínimo	Valor máximo
Kg de SST por kg de DBO ₅ eliminada	0,65	0,85
Kg de SSV por kg de DBO ₅ eliminada	0,40	0,55

10.1. Cálculo producción de fangos secundarios

La producción de fangos, según se ha visto en la tabla 18, se puede calcular a partir de esos valores, pero para ello primero será necesario conocer la cantidad de DBO₅ eliminados en el tratamiento secundario.

A la entrada del lecho bacteriano se tienen:

- 221,8 mg DBO₅/l
- 31,78 kg DBO₅/día

Se fija un rendimiento de eliminación de la DBO₅ del 92%. Por lo tanto, la cantidad de DBO₅ eliminada será la siguiente:

$$31,78 \text{ kg DBO}_5/\text{día} \cdot 0,92 = 29,23 \text{ kg DBO}_5/\text{día} \text{ eliminados}$$

En consonancia con la tabla 18 se toma un valor de 0,75 como relación de kg de SST por kg de DBO₅ eliminada, por lo tanto, la cantidad de fangos secundarios será:

$$F_2(\text{SST}) = 29,23 \text{ kg DBO}_5/\text{día} \text{ eliminados} \cdot 0,75 = 21,92 \text{ kg SST/día eliminados}$$

Suponiendo que la fracción de volátiles es del 80 % con respecto a los SST [7] [33], a partir de estos datos se calcula:

$$F_2(\text{SSV}) = 0,80 \cdot 21,92 \text{ kg SST/día} = 17,54 \text{ kg SSV/día}$$

Tabla 19. Cantidad de fangos biológicos producidos

Fangos biológicos	
SST:	21,92 kg /día
SSV:	17,54 kg/día

11. ESPESADOR DE FANGOS

A continuación se explican y detallan los cálculos seguidos para dimensionar el espesador de los fangos purgados de los decantadores. En los apartados anteriores se han obtenido los siguientes valores de fangos primarios y secundarios producidos, a partir de los cuales se dimensiona el espesador.

- Fangos primarios:
 - SST = 29,15 kg/día
 - SSV = 20,40 kg/día
 - Concentración = 3%
- Fangos secundarios o biológicos:
 - SST = 21,94 kg/día
 - SSV = 17,54 kg/día

Antes de realizar los cálculos se van a describir los parámetros de diseño.

11.1. Parámetros de diseño

11.1.1. Carga de sólidos

La carga de sólidos es un ratio utilizado para el diseño de los espesadores, que relaciona la masa del fango y la superficie de espesamiento. Este ratio viene dado en peso de sólidos por unidad de tiempo y superficie útil del espesador.

Los valores recomendados para el diseño de un espesador de gravedad en función del origen de los fangos a espesar se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 20. Valores de diseño para la carga de sólidos [7]

Carga de sólidos (kg/m ² ·día)				
Fango primario	Fangos activos	Fangos mixtos	Fangos: aireación prolongada	Fangos: estabilización aerobia
90-130	20-35	40-70	25-35	30-40

11.1.2. Carga hidráulica

La carga hidráulica influye sobre la forma de la curva de sedimentación, en la capacidad de formación y en la eliminación de los sobrenadantes.

Este ratio también es utilizado para el dimensionamiento de espesadores y relaciona el caudal del fango y la superficie de espesamiento.

En la tabla siguiente se muestran los valores recomendados para el diseño de un espesador de gravedad en función del origen de los fangos a espesar.

Tabla 21. Valores de diseño para la carga hidráulica. [7]

Carga hidráulica (m ³ /m ² ·h)				
Fango primario	Fangos activos	Fangos mixtos	Fangos: aireación prolongada	Fangos: estabilización aerobia
≤ 1,40	≤ 0,45	≤ 0,90	≤ 0,45	≤ 0,45

11.1.3. Altura del espesador

La altura del espesador influye directamente sobre la capacidad de espesamiento.

Los valores comprendidos entre 2,50 y 4 metros suelen resultar los más adecuados, tanto desde el punto de vista técnico como del económico.

11.1.4. Tiempo de retención

No es un parámetro significativo como tal, sino en su correspondencia con los factores anteriores.

Puesto que los tiempos de retención normalmente empleados son siempre superiores a las 24 horas, se recomienda adoptar medidas contra los olores.

En la tabla siguiente se muestran los valores recomendados.

Tabla 22. Valores de diseño para el tiempo de retención [7]

Tiempo de retención (h)				
Fango primario	Fangos activos	Fangos mixtos	Fangos: aireación prolongada	Fangos: estabilización aerobia
≥ 24	≥ 24	≥ 24	≥ 24	≥ 24

11.1.5. Concentración del fango espesado

En la tabla siguiente se muestran los valores de la concentración de fango espesado conseguido normalmente mediante un proceso de espesamiento por gravedad.

Tabla 23. Valores de diseño para la concentración del fango espesado [7]

Concentración (%)				
Fango primario	Fangos activos	Fangos mixtos	Fangos: aireación prolongada	Fangos: estabilización aerobia
8 – 10	2 – 3	4 – 7	2 – 3	2,5 – 3,5

11.2. Cálculo dimensionamiento espesador de fangos

Se dimensionará un espesador de gravedad para fangos mixtos. Se adoptan los parámetros de diseño a partir de las tablas anteriores.

Los datos de diseño son por tanto:

- Cantidad de fango a espesar.

$$F(SST) = 29,25 + 21,94 = 51,09 \frac{kg}{día}$$

- Concentración de entrada

$$C = 3\% = \frac{30kg}{m^3}$$

- Concentración de salida del espesador

$$C_s = 4 - 7\%$$

- Carga hidráulica máxima

$$C_H = 0,90 m^3/m^2 \cdot h$$

- Carga de solidos máxima

$$C_{SOL} = 40 - 70 kg/m^2 \cdot día$$

- Tiempo mínimo de retención

$$t_R = 24 h$$

11.2.1. Caudal del fango que entra en el espesador

Como la concentración del fango primario considerada es del 3% puede hacerse la hipótesis de que la densidad es la misma que la del agua, y por tanto, una concentración del 3% la expresamos como 30 kg/m³.

El caudal diario de fango que entra en el espesador será, por tanto:

$$Q_F = \frac{F(SST)}{C} = \frac{51,09 kg/día}{30 kg/m^3} \rightarrow Q_F = 1,703 m^3/día$$

11.2.2. Volumen necesario

El volumen del espesador será, por tanto:

$$V = Q_F \cdot t_R = 1,703 \frac{m^3}{d} \cdot 24 h \cdot \frac{1 día}{24 h} \rightarrow V = 1,703 m^3$$

11.2.3. Superficie necesaria

Se establece que el caudal diario bombeado de fango se introducirá al espesador en 12 horas, por lo que el caudal horario introducido será:

$$Q = \frac{1,703 \text{ m}^3/\text{día}}{12 \text{ h/día}} = 0,1419 \text{ m}^3/\text{h}$$

La superficie mínima necesaria será entonces:

$$A = \frac{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)}{C_H} = \frac{0,1419 \text{ m}^3/\text{h}}{0,90 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}} = 0,1576 \text{ m}^2$$

Se adopta para el dimensionamiento una unidad de 2 m de diámetro, y se calcula el área real.

$$A_{real} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\varphi^2}{4} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{2^2}{4} \rightarrow A = 6,28 \text{ m}^2$$

11.2.4. Altura necesaria

La altura necesaria se calcula a partir de la siguiente fórmula.

$$h = \frac{V}{A} = \frac{1,703}{6,28 \text{ m}^2} = 0,27 \text{ m}$$

Al ser el valor de la altura necesaria tan pequeño, se decide aumentarlo hasta el valor mínimo recomendado, por tanto, la altura del espesor será 2,5 m (**h = 2,5 m**).

11.2.5. Comprobaciones

11.2.5.1. Carga de sólidos

Se calcula el valor real de la carga de sólidos a partir de los valores ya dimensionados y se comprueba con el valor de diseño adoptado anteriormente.

$$C_{SOL} = \frac{F(SST)}{A_{real}} = \frac{51,09 \text{ kg/día}}{6,28 \text{ m}^2} \rightarrow C_{SOL} = 8,13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot \text{día} < 40 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{día}$$

El valor obtenido es inferior al adoptado como valor de diseño, por lo tanto, válido.

11.2.5.2. Tiempo de retención

Se calcula el valor real del tiempo de retención y se comprueba con el valor de diseño adoptado.

$$t_R = \frac{V \cdot C \cdot 24}{F(SST)} = \frac{1,703 \cdot 30 \cdot 24}{51,09} = 24 \text{ h}$$

11.2.5.3. Carga hidráulica.

Se calcula el valor real de la carga hidráulica y se comprueba con el valor de diseño adoptado.

$$C_H = \frac{Q \left(\frac{m^3}{h} \right)}{A \left(m^2 \right)} = \frac{0,1419 \left(\frac{m^3}{h} \right)}{6,28 m^2} = 0,04 < 0,90 m^3/m^2 \cdot h$$

11.3. Elección del espesador de fangos

Se escoge un espesador por gravedad del catálogo de FILTRAMAS, S.A [34].

El modelo escogido es prefabricado, de 2 m de diámetro superior. Con una altura de cono igual a 2 metros y un ángulo de 60º. Altura del tronco es de 2,50 metros.

Está dotado también de una escalera de acceso y una pasarela en la parte superior.

Los fangos espesados se van acumulando en el cono y de ahí son trasladado a la tolva de almacenamiento. Los sobrenadantes se recogen y llevan al tratamiento primario.

12. DÉPOSITO ALMACENAMIENTO FANGOS

Para el almacenamiento del fango espesado se colocará una tolva prefabricada de almacenamiento de lodos de ESTRUAGUA [13] modelo TAF.

La tolva de almacenamiento, modelo TAF, ofrece capacidades comprendidas entre 5 m³ y 100 m³. Este tipo de dispositivos de acumulación de lodos son fabricados en forma cilíndrica con carácter estándar. El material de construcción estándar es en acero al carbono calidad A/42-b.

12.1. Elección de la tolva de almacenamiento

En la tabla siguiente se muestran los datos técnicos de cada modelo de tolva ofrecidos en el catálogo de Estruagua [13].

Tabla 24. Datos técnicos de la tolva de almacenamiento [13]

MODELO	CAPACIDAD (m ³)	Ø TRONCO Y CONO (mm)	ALTURA TRONCO (mm)	ALTURA CONO (mm)	DISTANCIA A PISO DE APOYO (mm)	ALTURA TOTAL (mm)	DIMENSIONES HUECO SALIDA (mm)
Taf-010	10	2000	3000	1500	4000	9300	500x500
Taf-020	20	2800	3000	1500	4000	9300	500x500
Taf-030	30	3500	3000	1500	4000	9300	500x500
Taf-040	40	4000	3000	1500	4000	9300	500x500
Taf-050	50	4500	3000	1500	4000	9300	500x500
Taf-060	60	5000	3000	1500	4000	9300	500x500
Taf-070	70	5300	3000	1800	4000	9600	500x500

Se escoge el modelo TAF-040, con una capacidad de 40 m³.

La cantidad media de fangos al 4% de concentración se estima en 1,276 m³/día por lo que la recogida de los mismos habrá de efectuarse cada 31 días.

La recogida de fangos dependerá del gestor de fangos.

13.COMPROBACIÓN CARACTERÍSTICAS EXIGIDAS EL VERTIDO

Tabla 25. Tabla resumen y comprobación de objetivo del efluente

Parámetro	Decantador primario			Lecho bacteriano			Efluente	Condición
	Entra	% reducción	Eliminado	Entra	% reducción	Eliminado		
DBO (kg/día)	45,4	30%	13,62	31,78	92%	29,24	2,54	
DBO (mg/l)	316	30%	94,8	221,2	92%	203,50	17,70	< 25 mg/l
SST (kg/día)	53	55%	29,15	23,85	92%	21,94	1,91	
SST (mg/l)	368	55%	202,4	165,6	92%	152,35	13,25	< 35 mg/l
DQO (mg/l)	632	35%	221,2	410,8	88%	361,50	49,30	< 125 mg/l

ANEJO 4. ESTUDIO AMBIENTAL

CONTENIDO

1. Localización y ámbito de estudio	134
2. Descripción del proyecto.....	135
3. Descripción del medio físico.....	136
3.1. Clima	136
3.1.1. Precipitaciones.....	136
3.1.2. Temperatura.....	137
3.1.3. Viento.....	137
3.2. Geología y suelo	137
3.3. Hidrología.....	138
3.4. Vegetación	138
3.5. Medio socioeconómico.....	139
3.6. Patrimonio histórico, cultural y arqueológico.....	139
3.7. Fauna y espacios naturales	139
4. Identificación de los impactos.....	141
5. Valoración de los impactos.	143
5.1. Impactos sobre el clima y la calidad atmosférica.....	143
5.2. Impactos sobre la geología y geomorfología	143
5.3. Impactos sobre el suelo.	143
5.4. Impacto sobre las aguas superficiales y especies piscícolas.	143
5.5. Impacto sobre las aguas subterráneas	144
5.6. Impacto sobre la vegetación y hábitats naturales.....	144
5.7. Impacto sobre la fauna	144
5.8. Impacto sobre el paisaje	144
5.9. Impacto sobre la población.....	145
5.10. Impacto sobre la actividad económica	145
5.11. Impacto sobre servicios e infraestructuras	145
6. Medidas preventivas y correctoras del impacto ambiental.	146
7. Evaluación final del estudio ambiental	147

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Precipitación acumulada en Arenzana de Abajo durante 2017. [31]</i>	136
<i>Tabla 2. Datos mensuales de la temperatura [31]</i>	137
<i>Tabla 3. Valores mensuales del viento durante 2017 [31]</i>	137
<i>Tabla 4. Número de habitantes en Camprovín desde 2010 [22]</i>	139
<i>Tabla 5. Resumen de la evaluación de impactos.</i>	147

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico precipitación acumulada año 2017 [49].....138

Figura 2. Vegetación característica en Camprovín [38].....138

1. LOCALIZACIÓN Y ÁMBITO DE ESTUDIO

El proyecto de Diseño y Dimensionamiento de una Estación Depuradora de Aguas Residuales se ha llevado a cabo en la localidad de Camprovín, en La Rioja.

Atendiendo a la necesidad de cumplir con el artículo 1 del RDL 1/2008 de Evaluación de Impacto Ambiental, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Impacto Ambiental para Proyectos [35] [36]. Los trabajos a los que hace referencia este proyecto tienen lugar en una zona no incluida dentro de las áreas de interés de fauna y flora protegidas, ni pertenece a Reserva de la Biosfera, Parque Natural, Zona de Protección de Aves o Lugar de Interés Comunitario y tampoco afecta a ninguna vía pecuaria. Por ello no es precisa la elaboración de una evaluación de impacto ambiental.

Si bien, se decide realizar un Estudio Ambiental ya que se llegarán a generar una serie de impactos en el entorno que se intentarán mitigar en la medida de lo posible con el empleo de unas medidas correctoras, manteniendo los objetivos de conservación de la Red Natura 2000 [37].

Ya que es un proyecto que pretende mejorar el medio natural hídrico y por tanto el ecosistema que lo rodea también se contemplan los impactos positivos que se lleguen a producir.

De acuerdo con las directrices de la Dirección General de Medio Natural, dicho estudio deberá hacer referencia a los impactos sobre la avifauna de la zona, a las posibles afecciones sobre los ecosistemas fluviales, además de la inclusión, en caso necesario, de las correspondientes medidas correctoras.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Camprovín, actualmente, cuenta con un sistema de depuración unitario, formado por una fosa séptica localizada al noroeste del casco urbano que vierte las aguas directamente al Barranco del Soto, arroyo de la localidad.

Como consecuencia del aumento de población en temporadas estivales y festivas y el escaso método de depuración se hace necesaria una Estación Depuradora de Aguas Residuales que pueda asumir el vertido y depurarlo dentro de los límites establecidos en cuanto a depuración de aguas residuales.

El diseño se ha situado íntegramente en el municipio de Camprovín y comprende las actuaciones de EDAR, camino de acceso, emisario, colector y tanque de tormentas. Si bien, la mayor actuación y sobre la que trata el grueso del proyecto es la Estación Depuradora, por lo tanto el Estudio Ambiental tendrá en consideración únicamente estas instalaciones.

El dimensionamiento de los tratamientos de la Estación Depuradora se ha llevado a cabo en función de la normativa vigente en relación con las pequeñas poblaciones y con la premisa de cumplir con los objetivos de calidad del vertido exigidos. Finalmente, el tratamiento consta de una depuración integral formada por pretratamiento, con desbaste y desarenado, tratamiento primario a través de un decantador primario, y para el tratamiento secundario, filtro percolador y decantador secundario. La línea de fangos se decide resolver con un espesador de fangos y una tolva de almacenamiento hasta su retira por un Gestor de Fangos, así los fangos se habrán estabilizado y podrán ser evacuados con un volumen menor. Se considera esta la mejor opción ya que se está diseñando sobre una pequeña población y por tanto, los fangos serán transportados a una planta de mayor tamaño donde puedan ser tratados.

3. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

3.1. Clima

La Comunidad Autónoma de La Rioja se encuentra influenciada por un clima mediterráneo continental, caracterizado por presentar unas aptitudes térmicas pronunciadas; con veranos cálidos y secos e inviernos severos, acompañados normalmente de precipitaciones en forma de nieve.

3.1.1. Precipitaciones

Para realizar un balance sobre las precipitaciones, de la red de Estaciones agroclimáticas del Gobierno de La Rioja [31] se ha seleccionado la situada en Arenzana de Abajo, por ser la más próxima a la zona de estudio, a tan solo 3,5 km de distancia en línea recta.

De ella se recogen los siguientes datos pluviométricos del último año, 2017 (tabla 1).

Tabla 1. Precipitación acumulada en Arenzana de Abajo durante 2017. [31]

Arenzana de Abajo - Datos Mensuales - Fecha-Hora desde: 01-01-2017 00:00:00 - Fecha-Hora hasta: 01-01-2018 23:59:59	
Fecha	P (l/m2)
	Ac
01-2017	36,6
02-2017	26,2
03-2017	24,4
04-2017	5,8
05-2017	49,8
06-2017	42,6
07-2017	11,4
08-2017	64,4
09-2017	13,0
10-2017	20,8
11-2017	32,2
12-2017	46,8
01-2018	108,6

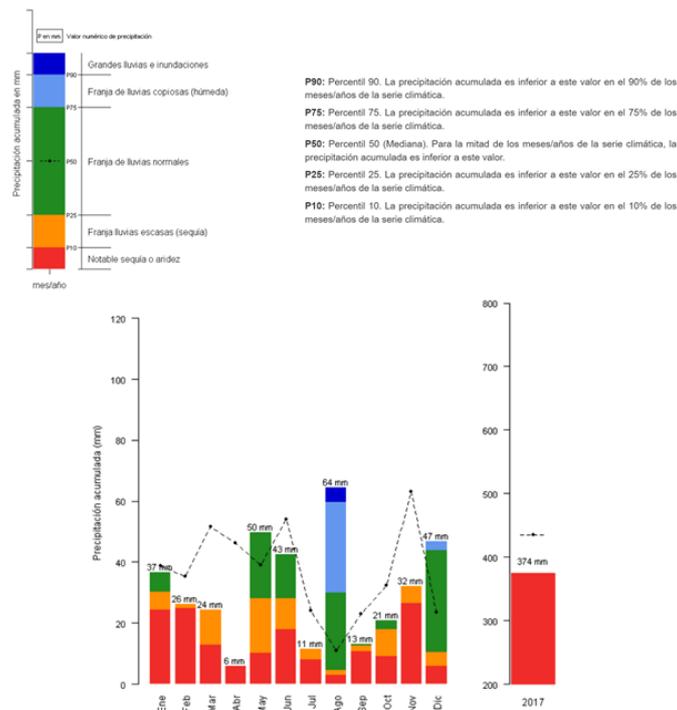


Figura 1. Gráfico precipitación acumulada año 2017 [49]

De acuerdo con los datos recogidos en la Figura 1 y Tabla 1 se deduce como mes con mayor precipitación agosto, siguiéndole los meses invernales de diciembre y enero. Destacar que la precipitación durante estos meses puede ser debido a nevadas además de las lluvias habituales.

3.1.2. Temperatura

Como ya se ha dicho en la introducción, Camprovín se encuentra influenciado por el clima mediterráneo continental, el cual se caracteriza por veranos cálidos e inviernos severos.

En la tabla 2 se pueden ver las temperaturas máximas y mínimas de cada mes del año 2017 registradas en la Estación Agroclimática de Arenzana de Abajo.

Tabla 2. Datos mensuales de la temperatura [31]

Arenzana de Abajo - Datos Mensuales - Fecha-Hora desde: 01-01-2017 00:00:00 - Fecha-Hora hasta: 31-12-2017 23:59:59					
Fecha	T (Celsius)				
	Max	Med	Med-Max	Med-Min	Min
01-2017	14,8	3,4	8,8	-0,8	-6,7
02-2017	19,6	7,3	13,2	2,0	-1,4
03-2017	27,3	9,9	17,4	3,4	-3,4
04-2017	26,9	11,4	19,6	3,3	-2,6
05-2017	32,5	16,6	24,1	9,3	-1,1
06-2017	36,2	20,4	28,2	14,2	9,2
07-2017	36,5	21,1	29,6	14,0	8,2
08-2017	35,7	20,5	28,8	13,4	7,4
09-2017	29,4	16,0	23,4	9,8	4,1
10-2017	27,3	13,9	22,1	7,1	2,8
11-2017	19,8	7,3	13,5	2,4	-2,8
12-2017	17,7	5,4	9,9	1,8	-4,1

3.1.3. Viento

En relación al viento no se distinguen valores que se salgan de lo habitual. Como en los casos anteriores se facilita los valores máximos y mínimos de viento registrados durante el año 2017.

Tabla 3. Valores mensuales del viento durante 2017 [31]

Arenzana de Abajo - Datos Mensuales - Fecha-Hora desde: 01-01-2017 00:00:00 - Fecha-Hora hasta: 31-12-2017 23:59:59				
Fecha	VV			
	Max (m/s)	Max (km/h)	Med (m/s)	Med (km/h)
01-2017	11,7	42,0	1,4	4,9
02-2017	26,1	93,9	1,9	7,0
03-2017	12,4	44,8	1,6	5,9
04-2017	16,7	60,0	1,7	6,1
05-2017	13,4	48,3	1,5	5,4
06-2017	14,2	51,2	1,5	5,4
07-2017	13,9	50,1	1,6	5,8
08-2017	11,4	40,9	1,4	5,1
09-2017	9,4	33,9	1,1	4,1
10-2017	9,6	34,6	1,0	3,8
11-2017	8,5	30,7	1,1	3,9
12-2017	21,3	76,6	1,3	4,8

3.2. Geología y suelo

El municipio de Camprovín se encuentra en las laderas del Serradero, en la margen derecha del río Najerilla. El Serradero (1495 m) es un pico situado en la Sierra de Moncalvillo, al noroeste de la sierra de Cameros, en el Sistema Ibérico riojano.

Concretamente, el área objeto de estudio se sitúa en una zona de tránsito de glaciares a fondo de valle, apareciendo en la zona estudiada más elevada los depósitos de tipo glaciar, y en la parte baja los depósitos más finos y con escasos cantos dispersos de fondo de valle. Ambos tipos de depósitos pueden llegar a conectar colateralmente.

3.3. Hidrología

El Barranco del Soto es el pequeño arroyo que cruza la localidad de Camprovín y termina desembocando pocos metros aguas abajo en el río Najerilla. El caudal de este río sirve para dar servicio de riego y agua de boca a la zona, además de como abrevadero natural para animales y ganado.

A pesar de que el Barranco del Soto sea un arroyo de poca influencia, se debe tener en cuenta que a los pocos metros desemboca en el Najerilla, río que al contrario que el Barranco, es uno de los más importantes y que más caudal lleva de la comunidad, después del Ebro.

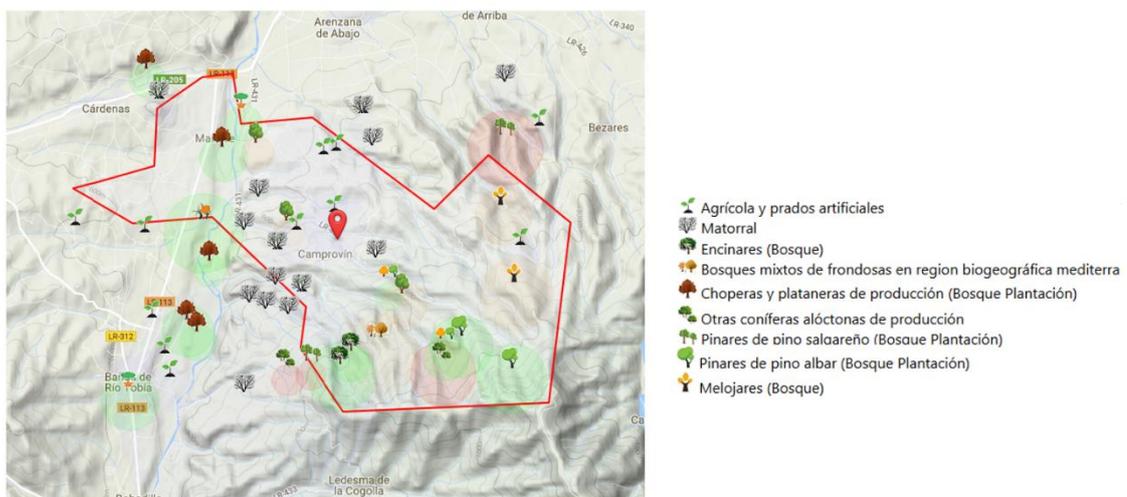
En cuanto a la hidrología subterránea, no se distinguen recursos relevantes en la zona.

3.4. Vegetación

La Sierra de Moncalvillo está caracterizada por la presencia en sus laderas de pinos, acebos y hayas, y en menor medida quejigos y rebollos.

Actualmente, la jurisdicción de Camprovín, está enmarcada entre numerosas choperas y plataneras de producción, matorrales, pinares, melojares y encinares entre otros. En mayor proporción encontramos zonas agrícolas y prados artificiales [38]. Por lo que se puede concluir, que se ha diseñado sobre una zona de montaña, rodeada de naturaleza y vegetación, acompañadas a su vez, de fincas para la producción agrícola.

Figura 2. Vegetación característica en Camprovín [38]



3.5. Medio socioeconómico

El municipio de Camprovín tiene una superficie de 20,60 Km². De acuerdo con los datos recogidos por el Instituto Nacional de Estadística (INE) [22], en el año 2017, Camprovín cuenta con una población fija de 148 habitantes, que se traduce en una densidad de 7,53 hab/km².

Tabla 4. Número de habitantes en Camprovín desde 2010 [22]

Datos padronales	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Total	169	178	179	170	155	154	155	148
Hombres	93	98	99	95	89	87	87	81
Mujeres	76	80	80	75	66	67	68	67

La economía del municipio está sujeta fundamentalmente por la actividad agrícola y ganadera que están muy por encima de la actividad industrial. El principal cultivo es la vid, seguido de la patata, los forrajes y las leguminosas. La ganadería es sobre todo lanar, porcino y vacuno se ha ido abandonando y queda poco. Aunque en menor representación posee una importante fábrica de embutidos.

3.6. Patrimonio histórico, cultural y arqueológico

En Camprovín destaca:

- Iglesia de San Martín. Construida en sillería en el siglo XVI. Consta de tres naves y cabecera ochavada de cinco paños. La torre fue sustituida en 1936 al derrumbarse la primitiva en 1835. Su interior alberga un retablo de estilo clasicista.
- Ermita de la Virgen del Tajo. Construcción arquitectónica de origen románico, aunque debajo se encuentran restos de una antigua necrópolis medieval. Su construcción es de sillarejo en la cabecera y mampostería en el resto.
- Necrópolis medieval. En el mismo lugar que ocupa la ermita de Nuestra Señora del Tajo, excavaciones arqueológicas llevadas a cabo en 2005 descubrieron 24 sepulturas de entre los siglos IX y XII.
- Bodegas y calados.

3.7. Fauna y espacios naturales

El municipio al estar situado en zona de montaña, rodeado de buena vegetación y con un clima apto para el desarrollo de las especies, se puede decir que hay numerosas comunidades de animales.

Entre las aves se puede encontrar: águila culebrera, arrendajo, búho real, cuervo, halcón pelegrino, buitre leonado, urraca, vencejo... entre muchas otras.

En las zonas bajas de monte, donde se encuentran con las laderas de pastizales, se pueden ver perdices y roedores como los topillos y lirones, sobre todo.

Por otro lado, en las zonas de bosque, es habitual encontrar: jabalíes, corzos, ciervos y zorros.

En los cauces los anfibios como el tritón palmeado son lo más característico.

4. IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS

A continuación se pasa a la identificación de impactos del Estudio Ambiental.

En todo este capítulo se identifican y describen los impactos que, en principio, se estima que se produzcan, en el caso de que el proyecto se lleve a cabo, sobre el entorno para, finalmente, valorarlos de forma cualitativa en función de la bondad (o calidad) del factor del medio afectado y del carácter del impacto.

Los criterios habitualmente utilizados para la caracterización de un impacto son, entre otros, los siguientes:

- **Signo:** alude al carácter beneficioso o perjudicial del impacto.
- **Naturaleza:** sirve para indicar si la afección incide de una forma directa o indirecta. Se entiende por afección indirecta aquélla que se manifiesta sobre el medio a través de otro elemento del medio previamente afectado de forma directa por el proyecto.
- **Intensidad:** se refiere al grado de incidencia. El valor máximo indica una destrucción casi total del factor en el área en que se produce el efecto.
- **Extensión:** se refiere al área de influencia teórica abarcada por el impacto en relación con el entorno del proyecto. En este sentido, si la acción produce un efecto muy localizado se considera que el impacto tiene un carácter puntual. Por el contrario, si el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él o incluso de él, el impacto será extenso. También se consideran las situaciones intermedias.
- **Persistencia:** se refiere al tiempo que, supuestamente, va a permanecer el efecto a partir del momento de aparición de la acción que lo provoca. Así, el impacto puede ser temporal o permanente.
- **Reversibilidad:** hace referencia a si la alteración puede ser asimilada por el entorno a medio plazo, gracias al propio funcionamiento de los procesos naturales (efecto reversible), o a la imposibilidad o dificultad externa de retornar a la situación original (efecto irreversible).
- **Recuperabilidad:** el impacto es recuperable si la alteración producida puede eliminarse (bien por la acción natural, bien por la acción humana) o puede reemplazarse. Si la alteración o pérdida sufrida es imposible de reparar o recuperar, ya sea por la actuación humana como por la natural, el efecto es irrecuperable.

En función de estos criterios y de la calidad del elemento del medio afectado pueden calificarse los impactos de acuerdo con la nomenclatura y definición que especifica el R.D. 1131/88, Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental.

Impacto compatible: aquél cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad y no precisa prácticas protectoras o correctoras.

Impacto moderado: aquél cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.

Impacto severo: aquél en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras y en el que, aún con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.

Impacto crítico: aquél cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

5. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS.

5.1. Impactos sobre el clima y la calidad atmosférica.

Dada la naturaleza y escasa envergadura de las actuaciones proyectadas, el impacto que se produzca sobre el clima será, prácticamente, nulo.

En cuanto a la posible afección por olores generados por la EDAR en funcionamiento, hay que tener en cuenta la lejanía de las instalaciones al núcleo poblacional, y que no está próxima a ningún área recreativa. Aun así, en épocas determinadas y con determinados vientos, sí que pueden verse afectadas las casas cercanas.

Por ello, se considera impacto compatible.

5.2. Impactos sobre la geología y geomorfología

Se han diseñado las actuaciones con la premisa de evitar grandes afecciones en el terreno. Para ello, se ha seguido en todo momento la pendiente natural de la finca para el acondicionamiento de los distintos tratamientos.

Se puede considerar, por tanto, impacto geomorfológico nulo.

5.3. Impactos sobre el suelo.

Como en el apartado anterior, el suelo no recibirá grandes alteraciones. La única ocupación permanente será la de la explanada donde se sitúa la EDAR, que será reacondicionada con césped, árboles y arbustos.

Se considera, a fin de cuentas, el impacto sobre suelo, nulo.

5.4. Impacto sobre las aguas superficiales y especies piscícolas.

En el caso de que el diseño llegue a fase de construcción, las obras, sin las medidas protectoras adecuadas, podrán comprometer la calidad de los recursos hídricos de la zona.

La contaminación puede tener distintas procedencias:

- Vertidos de restos de hormigón, procedentes de la limpieza de las cubas
- Hormigoneras.
- Vertidos de aguas residuales, procedentes del lavado de maquinaria.
- Vertidos de aceites y lubricantes procedentes del mantenimiento de maquinaria.
- Otros.

Los efectos negativos tendrán una repercusión inmediata, temporal y de aparición a corto plazo, tratándose de un impacto que podría ir desde moderado a severo, si no se aplican las medidas necesarias.

Una vez evitados estos efectos, durante la fase de explotación hay que destacar el impacto positivo sobre la calidad hídrica del entorno, razón principal para el desarrollo del proyecto.

Por lo que, a largo, y con las medidas preventivas, se caracteriza como impacto positivo.

5.5. Impacto sobre las aguas subterráneas

El impacto sobre las aguas subterráneas puede ser calificado igual en que en punto anterior. Se deberán tomar las medidas oportunas para evitar la contaminación del subsuelo con posibles lixiviados o restos de lodos.

Al no haber ningún recurso relevante en la zona y si se realiza una buena gestión de la EDAR, se considerará un impacto positivo en cuanto a la mejora de la calidad de las aguas subterráneas.

5.6. Impacto sobre la vegetación y hábitats naturales

En el caso de que el proyecto se llegue a ejecutar, el mayor impacto sobre la vegetación y los hábitats naturales se producirá durante el periodo de construcción de las obras provocado por el desbroce y movimiento de tierras.

Al no ser una obra de gran extensión, la superficie afectada no será altamente significativa. La explanada en la que se sitúa la EDAR está formada por varias fincas anteriormente plantadas de viña y secas en la actualidad, lo que no supondrá una afección importante.

Finalmente, se volverá a dotar al terreno de la EDAR de vegetación, con nuevas plantaciones de árboles y arbustos, con el fin de compensar los posibles efectos generados.

Así pues, se puede calificar el impacto sobre vegetación como compatible.

5.7. Impacto sobre la fauna

Llegándose a producir las obras de las instalaciones proyectadas, la fauna presente en la zona sufrirá pequeñas alteraciones durante la fase de construcción. Cabe destacar, que al haberse diseñado la EDAR en una zona rural, montañosa y rodeada de vegetación, las comunidades de animales afectadas encontrarán un nuevo hábitat a escasos metros.

Igualmente, la mejora de calidad de las aguas y por tanto del entorno, también ayudará a la recuperación de la fauna, sobre todo la acuática.

Por lo que el impacto se considera positivo a largo plazo.

5.8. Impacto sobre el paisaje

El paisaje se verá alterado en pequeña medida ya que el diseño ha sido realizado a favor del terreno, aprovechando las pendientes naturales y acomodándose a ellas.

Al tratarse de un proyecto de obra civil, las instalaciones de la EDAR permanecerán como intrusión paisajística. Ésta será una afección permanente e irreversible, pero de escasa incidencia, ya que, al tratarse de instalaciones de pequeña envergadura y tamaño, se minimizará notablemente la afección paisajística.

A fin de cuentas, se describe al impacto como compatible.

5.9. Impacto sobre la población

El principal impacto tendrá lugar a largo plazo y es de tipo beneficioso. Al mejorar la calidad de las aguas se conseguirá una mejora de las condiciones de salubridad del entorno, y, por tanto, de sus habitantes.

Por lo que se considera impacto positivo.

5.10. Impacto sobre la actividad económica

Con el diseño de esta EDAR se ha pretendido buscar un impacto positivo. Durante un se generarán puestos de trabajo temporales, tanto directos como indirectos. Además de puestos de trabajo estables para personal de mantenimiento, explotación, etc.

La mejora de la calidad de vida como consecuencia de la depuración de las aguas tendrá una incidencia positiva en la actividad económica del lugar. Entre sus ventajas se puede numerar una mejor distribución del recurso hídrico y de su uso y, en consecuencia, un aumento de la producción agrícola.

Se considera impacto positivo.

5.11. Impacto sobre servicios e infraestructuras

Durante la fase de explotación, al no situarse en diseño en ninguna zona de paso ni de gran relevancia. Se considera el impacto nulo sobre caminos, carreteras y servicios.

6. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS DEL IMPACTO AMBIENTAL.

Una vez conocidos los distintos efectos sobre los diversos componentes ambientales es necesario se llega a la conclusión de que el 90% de los impactos suponen una mejora de las características actuales y por tanto son positivos.

Para que se obtenga este éxito será necesario aplicar unas medidas preventivas o correctoras y así evitar impactos secundarios.

Entre las medidas más características se encuentran:

- Control del área de actividades
- Control de vertidos y residuos
- Restauración ecológico-paisajística
- Recuperación de la tierra vegetal

El control y la vigilancia de las medidas preventivas y correctoras se puede resumir en los siguientes puntos:

- Detectar y corregir desviaciones, con relevancia ambiental
- Determinar la necesidad de suprimir, modificar o introducir nuevas medidas
- Verificar la correcta evolución de las medidas aplicadas en cada una de las fases
- Seguimiento de la respuesta y evolución ambiental del entorno a la implantación de la actividad.

7. EVALUACIÓN FINAL DEL ESTUDIO AMBIENTAL

Se puede afirmar que el Proyecto de Diseño y Dimensionamiento de una Estación Depuradora en Camprovín supone un impacto positivo sobre el medio natural y social que lo rodea.

A continuación, en la tabla 5, se presenta un resumen de los impactos descritos anteriormente.

Tabla 5. Resumen de la evaluación de impactos.

IMPACTO	REPERCUSIÓN
CLIMA	Nula
CALIDAD ATMOSFÉRICA Y OLORES	Compatible
GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	Nula
SUELO	Nula
AGUAS SUPERFICIALES Y ESPECIES PISCÍCOLAS	Positivo
AGUAS SUBTERRÁNEAS	Positivo
VEGETACIÓN Y HÁBITATS NATURALES	Compatible
FAUNA Y LOS TAXONES DE INTERÉS COMUNITARIO	Positivo
PAISAJE	Compatible
POBLACIÓN	Positivo
ACTIVIDAD ECONÓMICA	Positivo
SERVICIOS E INFRAESTRUCTURAS	Nulo

Con todo lo anteriormente expuesto se concluye que el proyecto de Diseño y Dimensionamiento de una Estación Depuradora en Camprovín, La Rioja, no afecta de manera significativa a ninguno de los factores ambientales.

