

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE
ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS
RESIDUALES EN NABARNIZ (BIZKAIA)***

DOCUMENTO 1- MEMORIA Y ANEJOS

Alumno/Alumna: Mora, Novo, Rafael Manuel

Director/Directora: Aranguiz. Basterrechea, Itziar

Curso: 2018-2019

Fecha: 05 - 11 - 2018

ÍNDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	- 3 -
2. ANEJOS.....	- 67 -

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL	- 13 -
2. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	- 17 -
3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	- 18 -
4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	- 21 -
4.1. LÍNEA DE AGUA.....	- 22 -
Obra de llegada	- 22 -
Pretratamiento	- 22 -
Tratamiento primario	- 24 -
Tratamiento secundario.....	- 26 -
Tratamiento terciario.....	- 40 -
Arqueta de agua tratada.....	- 49 -
4.2. LÍNEA DE FANGOS	- 51 -
5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	- 53 -
5.1. LÍNEA DE AGUA.....	- 53 -
5.2. LÍNEA DE FANGOS	- 59 -
6. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	- 61 -
7. NORMATIVA.....	- 62 -
8. BIBLIOGRAFÍA.....	- 64 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Emplazamiento de los distintos puntos de vertido repartidos por el municipio ..	14 -
Figura 2: Filtros biológicos en el barrio de Merika	15 -
Figura 3: Vertido de aguas en el barrio de Merika al arroyo Arritxia	15 -
Figura 4: Grietas en filtro biológico en el barrio de Merika.....	16 -
Figura 5: Filtro biológico abierto.....	16 -
Figura 6: Situación de Bizkaia dentro de la comunidad autónoma del País Vasco.....	18 -
Figura 7: Situación de Nabarniz dentro de la provincia de Bizkaia [2]	18 -
Figura 8: Mapa hipsométrico de Nabarniz	19 -
Figura 9: Situación del barrio de Merika dentro de Nabarniz	20 -
Figura 10: Situación de la EDAR en el barrio de Merika	20 -
Figura 11: Esquema de los distintos tratamientos que puede haber en una EDAR.....	21 -
Figura 12: Fases del Pretratamiento.....	22 -
Figura 13: Fosa séptica.....	25 -
Figura 14: Tanque Imhoff	25 -
Figura 15: Decantador primario circular	26 -
Figura 16: Lagunaje	29 -
Figura 17: Humedales artificiales	30 -
Figura 18: Filtros intermitentes de arena.....	31 -
Figura 19: Infiltración-percolación	33 -
Figura 20: Aireaciones prolongadas	35 -
Figura 21: Figura 21: Lechos bacterianos	36 -
Figura 22: Biodiscos	38 -
Figura 23: Reactores secuenciales	39 -
Figura 24: Intercambio iónico	41 -
Figura 25: Adsorción por carbón activo.....	42 -
Figura 26: Ósmosis inversa	44 -
Figura 27: Membranas cerámicas	46 -
Figura 28: Radiación Ultravioleta.....	49 -
Figura 29: Sistemas que forman la EDAR	53 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos adoptados para la realización del proyecto	- 17 -
Tabla 2: Valores límite de cada parámetro	- 17 -

GLOSARIO

CBR: Contadores Biológicos Rotativos.

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno.

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

EDAR: Estación Depuradora de Aguas Residuales.

h-e: Habitantes equivalentes.

NTK: Nitrógeno Total Kjeldahl, cantidad total de nitrógeno en el agua.

P: Fósforo.

Radiación UV: Radiación UltraVioleta.

SBR: Reactores Secuenciales.

SS: Sólidos en Suspensión.

1. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

Hoy en día se escucha mucho la idea de cuidar el medio ambiente, insistiendo, por ejemplo, con reciclar la basura en casa, e incluso también se escucha la idea de no abusar del uso de los recursos que hay en el planeta cuando se habla de ahorrar agua a la hora de utilizarla para usos domésticos. Esto viene dado por el modelo de desarrollo que tiene la sociedad actual, que no es otro que el consumo casi exclusivo de recursos. Además, el consumo de recursos según van pasando los años va aumentando, produciendo también residuos, por eso mismo se puede decir que es un modelo insostenible.

Uno de los problemas que existen es el uso del agua. La sociedad, aunque conoce el problema, no está lo suficientemente concienciada de las consecuencias que puede traer el mal uso de este recurso y en realidad se debería obligar a aprender a gestionar.

En España, de la misma manera, también existen problemas con este recurso. Se podría decir que los problemas que se presentan con este recurso son dos, la escasez y la contaminación.

Al hablar de escasez, no se habla únicamente sobre que el recurso no es suficiente para el uso de los seres humanos, sino que tampoco satisface las necesidades de los demás seres vivos, lo que trae consigo importantes consecuencias a los ecosistemas.

Por otro lado, la contaminación supone disponer de menos agua de la existente realmente, ya que para los distintos usos que le damos al agua no hay que fijarse únicamente en la disponibilidad de ella sino que también es importante la calidad del recurso.

Para combatir estos problemas, se puede tratar el agua utilizada y contaminada llevándola a ciertos niveles de calidad para devolverla al cauce de un río y así no perjudicar al medio ambiente o tratarla para la posterior reutilización de esta agua, consiguiendo la calidad de agua correspondiente al uso que se le quiera dar.

La zona donde se va a realizar este proyecto pertenece a la comarca de Busturialdea y también a la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. El estuario de Urdaibai es un área natural formada en la desembocadura del río Oka. Cuenta con una gran riqueza ecológica que le ha servido para ser calificada como reserva de la biosfera por el comité MaB de la Unesco en 1984, recibiendo el nombre de Reserva de la Biosfera de Urdaibai.

Es, atendiendo a su extensión y grado de conservación, el humedal más importante del País Vasco, y una relevante área de reposo e invernada para las aves migratorias.

Por este motivo, así como por su interés natural, científico, educativo, cultural, recreativo y socioeconómico, se aprobó el 6 de julio de 1986 la ley que regula el uso y protección del área que contempla medidas destinadas al desarrollo sostenible del territorio, declarándola Reserva de la Biosfera.

Concretando más el lugar donde se realizará dicho proyecto, Nabarniz es uno de los municipios que están dentro de la zona antes mencionada, la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Es evidente que al pertenecer a un lugar de estas características, este municipio debería tener unos cuidados más meticulosos que otros a nivel medioambiental.

Actualmente, dicho municipio está formado por 6 barrios (Ikazurieta, Intxaurraga, Uribarri-Zabaleta, Elexalde, Merika y Lekerika), los cuales cada uno de ellos tiene su red de saneamiento propia y no están conectadas unas a otras. Estas redes de saneamiento transportan las aguas residuales a distintos lugares de depuración y vertido de aguas repartidos por el municipio.

La depuración se realiza mediante pozos clarificadores y filtros biológicos, método que resulta ser anticuado y no cumple con las exigencias de la normativa actual (Directiva 91/271/CEE y el Plan Regional de Saneamiento). Además, presentan dificultades en caso de haber algún problema ya que no disponen de alguna forma de aviso en estas situaciones.

Los vertidos se realizan a arroyos próximos al municipio o, en caso de no haber un arroyo cercano por la zona de vertido, se vierten al terreno. Los puntos de depuración y vertido se muestran en la Figura 1.

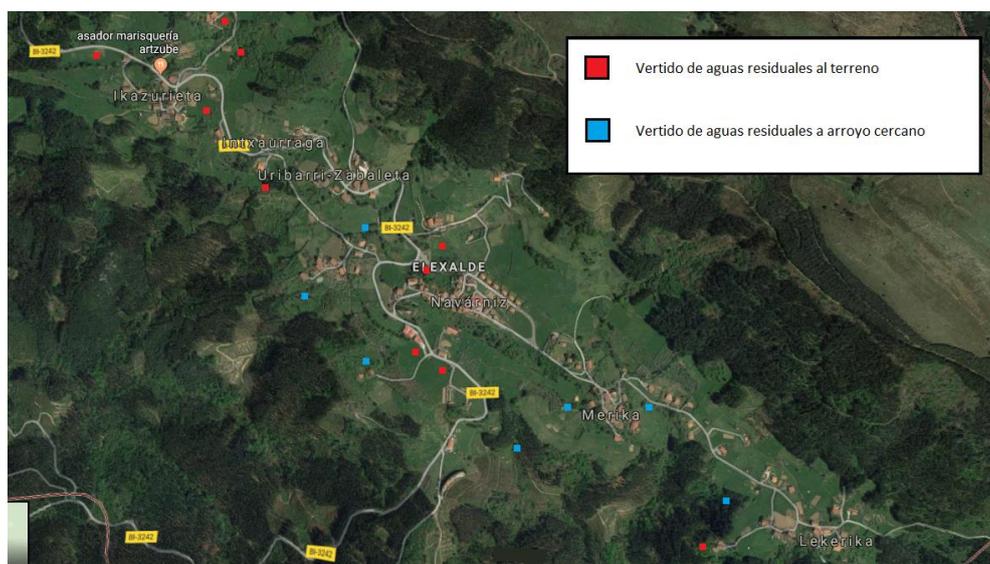


Figura 1: Emplazamiento de los distintos puntos de vertido repartidos por el municipio [21]

A continuación, la Figura 2 y Figura 3 muestran dos ejemplos de depuración y vertido en el municipio.



Figura 2: Filtros biológicos en el barrio de Merika



Figura 3: Vertido de aguas en el barrio de Merika al arroyo Arritxia

Además, los métodos actuales de depuración de Nabarniz se encuentran en muy mal estado, por lo que es necesario cambiar la manera de depurar y verter el agua en este municipio.

En las Figuras 4 y 5 se muestra un ejemplo de filtro biológico en el barrio de Merika.



Figura 4: Grietas en filtro biológico en el barrio de Merika



Figura 5: Filtro biológico abierto

2. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Una vez detectado el problema de depuración de Nabarniz, mediante este proyecto se propone una solución para afrontar dicho problema.

La solución completa al problema pasaría por el diseño y construcción de un sistema conjunto de saneamiento, con el correspondiente colector que envíase las aguas residuales a una estación depuradora.

El objeto concreto del presente proyecto comprende la parte correspondiente al diseño y dimensionamiento de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Nabarniz que permita el posterior vertido de aguas al arroyo Sasiturria cumpliendo las exigencias de la actual normativa (Directiva 91/271/CEE y el Plan Regional de Saneamiento).

Dicha EDAR deberá reducir las concentraciones de los distintos contaminantes que se encuentran en las aguas residuales de Nabarniz. Considerando que Nabarniz se trata de una población de ámbito rural, se usarán unas concentraciones promedio de las aguas residuales domésticas en poblaciones de ámbito rural que son las presentes en la Tabla 1.

Tabla 1: Datos adoptados para la realización del proyecto [29]

PARÁMETRO	ADOPTADAS
DBO₅ (mg/L)	300
DQO (mg/L)	625
SS (mg/L)	450
NTK (mg/L)	60
P (mg/L)	15

Tratando las aguas residuales en la EDAR diseñada en este proyecto se deberá llegar a las concentraciones que la directiva marca como aptas para el posterior vertido a un cauce receptor. La Tabla 2 muestra aquellos valores límite de la normativa actual para cada parámetro.

Tabla 2: Valores límite de cada parámetro [26]

PARÁMETRO	VALOR LÍMITE MÁXIMO
DQO (mg/L)	125
DBO₅ (mg/L)	25
SS (mg/L)	35
NTK (mg/L)	15
P (mg/L)	2

3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

Nabarniz es un municipio de la comarca de Busturialdea en Bizkaia, País Vasco. Tiene una extensión de 112,2 km². Se sitúa a los pies del monte Iluntzar de 728 metros de altitud mientras que la altitud media del municipio es de 360 msnm, que lo separa del valle del río Lea. Está conformado por los barrios Ikazurieta, Intxaurreaga, Uribarri-Zabaleta, Elexalde, Merika y Lekerika.

Se accede al municipio por la carretera BI-3242, desde Gabika, entrando por el barrio de Ikazurieta o, también, se accede a dicha carretera desde la circunvalación de Gernika dirección Lekeitio para entrar por el barrio de Elexalde al municipio. Además, esta carretera también une los barrios de Elexalde, Uribarri-Zabaleta, Intxaurreaga e Ikazurieta.



Figura 6: Situación de Bizkaia dentro de la comunidad autónoma del País Vasco [2]

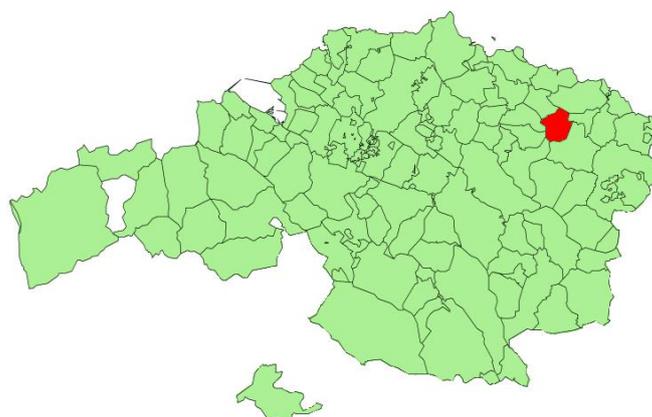


Figura 7: Situación de Nabarniz dentro de la provincia de Bizkaia [2]

Aunque la población no es muy elevada, 260 habitantes, ha ido creciendo en los últimos años. El crecimiento no es muy notorio por el lugar en el que está situado, un lugar caracterizado por su relieve, que no le permite crecer más rápidamente.

La economía de Nabarniz ha estado históricamente apoyada en el sector primario. La agricultura y ganadería, y la explotación forestal han sido el motor económico del municipio.

Como se comenta en el apartado anterior, hay que tener en cuenta que tiene que ser posible la realización de un sistema conjunto de saneamiento con su correspondiente colector para transportar el agua residual total del municipio a la nueva EDAR.

Al estar la zona urbanizada del municipio más o menos a la misma cota y no haber mucha distancia entre los distintos barrios que forman el municipio, no será problema para realizar el saneamiento y el colector para transportar el agua residual de los distintos barrios hasta la EDAR. En la Figura 8 se demuestra mediante hipsometría como la zona urbanizada del municipio se encuentra en una misma cota.



Figura 8: Mapa hipsométrico de Nabarniz [1]

Después de la depuración de las aguas residuales, como se dice en el apartado “2. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO”, éstas se verterán al arroyo Sasiturria, próximo a la zona donde está prevista la construcción de la EDAR.

La EDAR estará situada en el barrio de Merika. Se realizará un acceso en el mismo barrio, por lo que para acceder a ella, primero habrá que llegar a Merika desde el barrio de Elexalde o desde el barrio de Lekerika.



Figura 9: Situación del barrio de Merika dentro de Nabarniz [21]



Figura 10: Situación de la EDAR en el barrio de Merika [21]

El terreno donde se situará la EDAR en el barrio de Merika se trata de un terreno rústico y su superficie ocupará parte de las áreas pertenecientes a las parcelas, numeradas según la Diputación Foral de Bizkaia como 044, 045, 046, 047 y 048 del polígono 005.

Por ser un pueblo caracterizado por su relieve, la superficie ocupada no solo será de la EDAR propiamente dicha, ya que para construir la EDAR habrá que realizar una explanada y los terraplenes y desmontes que se formen también ocuparan parte de las parcelas anteriormente nombradas.

4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Para poder alcanzar los niveles de depuración requeridos en cada núcleo, es necesario que el agua residual sea sometida a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos con el fin de conseguir un efluente que cumpla los objetivos de calidad exigidos.

La combinación de los procesos utilizados se conoce como Proceso de Depuración, formado por dos líneas de tratamiento: Línea de agua y Línea de fangos.

En la Figura 11 se muestran, a nivel general, los tratamientos por los que pasa el agua residual.

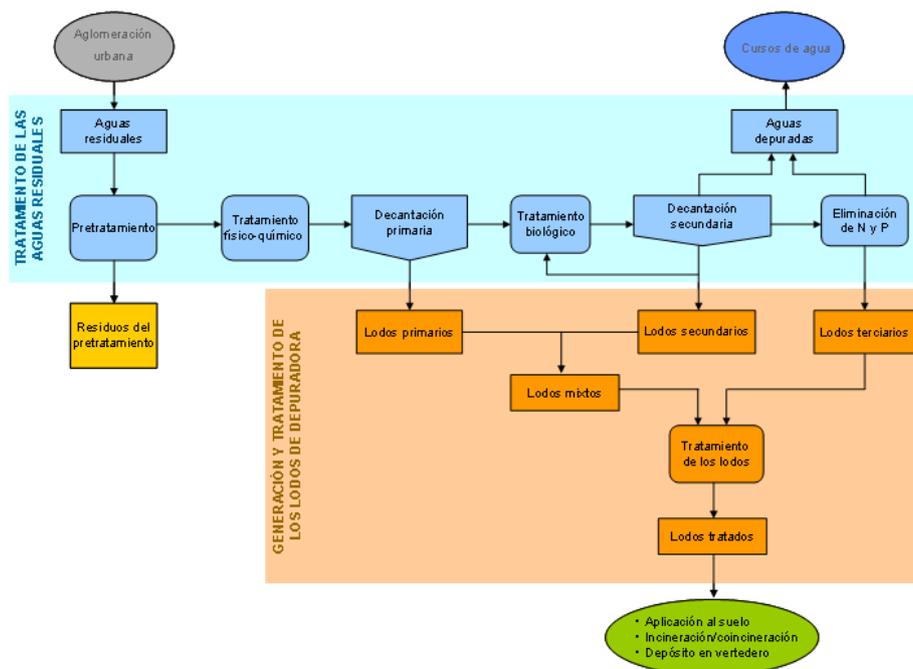


Figura 11: Esquema de los distintos tratamientos que puede haber en una EDAR [10]

Esto no quiere decir que la EDAR tenga que estar formada por todos los tratamientos que aparecen en la Figura 11, incluso no tiene por qué tener línea de fangos.

En este apartado se pretende encontrar, en base a los datos de partida disponibles la mejor solución para la depuración de las aguas en la localidad de Nabarniz desde la recogida de aguas residuales hasta la devolución del agua tratada al arroyo Sasiturria.

4.1. LÍNEA DE AGUA

Obra de llegada

En primer lugar, la EDAR constará de una obra de llegada, normalmente compuesta por una arqueta donde se conectan los colectores que transportan las aguas residuales para su posterior depuración.

La arqueta deberá disponer de un aliviadero conectado a la línea de by-pass general para que, en caso de superar el caudal máximo de diseño, poder evacuar el sobrante del caudal y evitar la estación de tratamiento. Tanto el by-pass como el emisario, deberán tener capacidad suficiente para transportar toda el agua que pueda llegar por el colector a la depuradora en caso de necesidad.

En ocasiones, también es necesario construir un tanque de tormentas en la entrada de la EDAR, lo que evitará el impacto sobre el medio hídrico receptor de los sólidos y arenas arrastrados en los primeros momentos del episodio de lluvias. Sólo se recomienda su realización cuando sea imprescindible para mantener la calidad objetivo en el medio hídrico receptor, ya que puede complicar la explotación de este tipo de instalaciones.

Pretratamiento

Antes de la depuración propiamente dicha, las aguas residuales son sometidas a una etapa de pretratamiento que consta de una serie de operaciones físicas y mecánicas, cuya misión es la de separar la mayor cantidad posible de materias (sólidos, arenas, grasas) ya que pueden dar problemas en los posteriores tratamientos por su naturaleza o tamaño.

El correcto diseño del pretratamiento es muy importante ya que cualquier fallo o deficiencia tendrá consecuencias negativas en el resto de instalaciones.

En la Figura 10 se muestran las fases del pretratamiento para realizar su misión.



Figura 12: Fases del Pretratamiento

1. Desbaste. Su misión es la de eliminar los sólidos de tamaño pequeño-mediano, mediante:

- Rejas: barras paralelas con separación uniforme. Pueden ser rejas de gruesos, sin permitir el paso entre barrotes de tamaños superiores a 20-60 mm o rejas de finos, que no permiten el paso de tamaños superiores a 6-12 mm. Pueden tener limpieza manual o limpieza autolimpiante.
- Tamices: placas perforadas o mallas metálicas. No permiten el paso de partículas de tamaño superior a 6 mm. Los más usados pueden ser estáticos o autolimpiantes (malla de barras con sección en cuña) y rotativos (malla sobre cilindro giratorio).

Los residuos se suelen descargar a una cinta o tornillo transportador, para su envío a un contenedor. Existen tornillos transportadores que, además, compactan los residuos extraídos para conseguir un cierto grado de deshidratación de los mismos y minimizando, a su vez, la generación de posibles impactos olfativos.

2. Desarenado. Elimina la materia de mayor densidad, como por ejemplo las arenas, con diámetros mayores de 0,2 mm. Hay dos tipos: estáticos de flujo horizontal, donde el agua circula a su través en dirección horizontal, y aireados, donde el aire inyectado permite reducir el contenido en materia orgánica de la arena, provocando un movimiento en espiral, que se controla por la propia geometría del tanque y por la cantidad de aire suministrada.

3. Desengrasado. Elimina grasas y demás materias flotantes, más ligeras que el agua. Pueden ser: estáticos, en los cuales el agua sale por debajo del depósito con tabique, o aireados, en los que se inyecta aire por parte inferior del depósito. Es frecuente realizar el desarenado y desengrasado en una misma etapa o equipo.

Según el tamaño de la población, se proponen distintos sistemas:

- Para poblaciones menores a 250 h-e, rejas de desbaste manual y un desarenador-desengrasador o un desarenador estático dependiendo de los tratamientos que se dispongan posteriormente.
- En poblaciones de entre 250 y 1.000 h-e, rejas de desbaste manual o automático y un desarenador-desengrasador o un desarenador estático dependiendo de los tratamientos que se dispongan posteriormente.
- En el caso de poblaciones de entre 1.000 y 2.000 h-e, rejas de desbaste manual o automático y un sistema combinado desarenador-desengrasador.

Sistema escogido

La segunda opción será la escogida ya que es la que coincide con los cálculos realizados en el “ANEJO 2: ESTUDIO DEMOGRÁFICO Y POBLACIÓN EQUIVALENTE”, y que consiste en unas rejillas de desbaste automático, primero, las rejillas gruesas y, a continuación las rejillas finas. Tras pasar por las rejillas de desbaste, se necesitará un sistema para eliminar las arenas, por lo que un desarenador estático será suficiente para realizar esa función.

Tratamiento primario

Mediante el tratamiento primario se pretende eliminar los sólidos en suspensión, tanto flotantes como sedimentables, además de conseguir 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.

- Fosa séptica. Sistema sencillo de tratamiento de las aguas residuales cuyo objetivo principal es la eliminación de los sólidos en suspensión presentes en el agua. Por un lado se separan los sólidos flotantes que hay en la superficie, incluidos aceites y grasas, y por otro lado, los sólidos sedimentables que se acumulan en el fondo.

Aunque existen Fosas Sépticas de un único compartimento, lo habitual es poner dos compartimentos en serie. De este modo, el agua clarificada en el primer compartimento pasa al segundo a través de un orificio ubicado en un punto intermedio entre las capas de flotantes y de fangos, para evitar el arrastre de los mismos. En el segundo compartimento, se vuelve a realizar una separación de flotantes y sedimentables, pero no tan importante como la anterior.

En ocasiones, las Fosas Sépticas cuentan con un tercer compartimento, en el que puede disponerse un material soporte para la fijación de la biomasa, con lo que se incrementen los rendimientos de eliminación de contaminantes.

Se pueden emplear como tratamiento único para pequeños vertidos de viviendas aisladas o núcleos de población menores de 250 h-e. Además, también se pueden utilizar para poblaciones menores de 1.000 h-e, como etapa previa a otros sistemas de depuración.

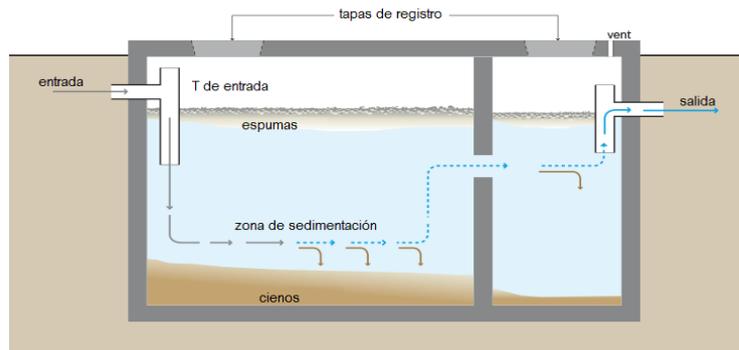


Figura 13: Fosa séptica [20]

- Tanque Imhoff. Depósito en el que se distinguen dos zonas claramente separadas. Una parte superior denominada zona de sedimentación, donde se produce la decantación de los sólidos, y una parte inferior, denominada zona de digestión en donde se almacenan y digieren los sólidos decantados. Ambas zonas se encuentran separadas físicamente por una estructura en forma de casa invertida abierta en el fondo, que impide el paso de los gases de la zona de sedimentación evitando de esta manera que afecten a la decantación de los sólidos.

Normalmente este sistema de depuración se utiliza como tratamiento primario de las aguas residuales como etapa previa a otros sistemas de depuración en poblaciones menores a 1.000 h-e.

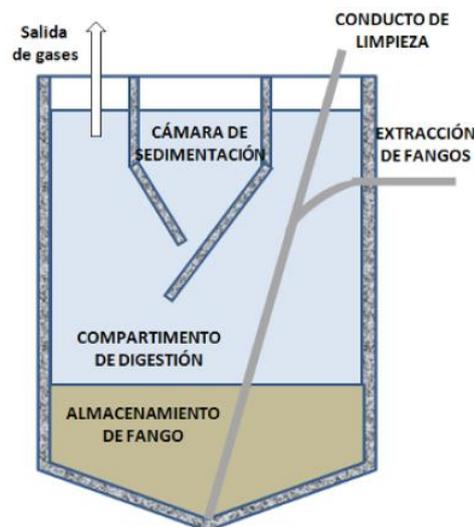


Figura 14: Tanque Imhoff [29]

- **Decantador primario.** Tiene como objetivo la eliminación de la mayor parte de los sólidos en suspensión presentes en el agua por la acción de la gravedad. Por tanto, solo se eliminarán sólidos sedimentables y materias flotantes, permaneciendo inalterables los sólidos coloidales y disueltos.

Estos sistemas suelen estar enterrados y pueden ser estáticos, los cuales no tienen partes mecánicas, o dinámicos, que tienen elementos electromecánicos para recoger flotantes y evacuar fangos.

Este sistema de depuración es utilizado como tratamiento primario de las aguas residuales como etapa previa a otros sistemas de depuración.

Resulta adecuado en poblaciones superiores a 500 h-e, siendo óptimo entre 1.000 y 2.000 h-e.



Figura 15: Decantador primario circular [20]

Sistema escogido

El sistema escogido es un Tanque Imhoff que es un sistema apto para realizar la depuración de aguas en poblaciones menores de 1.000 h-e. En este caso, como se explica en el “ANEJO 3: CÁLCULOS HIDRÁULICOS Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS” se dispondrá de dos Tanques Imhoff.

Tratamiento secundario

Lleva 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).

Los tratamientos secundarios pueden ser:

- Extensivos. Se caracterizan porque los procesos de depuración, en los que se basan, transcurren a velocidad “natural” (sin aporte de energía) y se desarrollan en un único “reactor-sistema”. El ahorro de energía se compensa con una mayor necesidad de superficie
- Intensivos. Se caracterizan porque los procesos de depuración, en los que se basan, transcurren de forma secuencial en tanques y reactores y a velocidades aceleradas, gracias al aporte de oxígeno (aire) mediante el empleo de equipos electromecánicos.

Tratamientos secundarios extensivos

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

Son tres los tipos de lagunas existentes:

- 1) Lagunas Anaerobias: lagunas de entre 3 y 5 metros de profundidad que suelen constituir la primera etapa de los Lagunajes, por lo que soportan grandes cargas orgánicas.

En estas lagunas tiene lugar la decantación de la materia sedimentable que no ha sido eliminada en la etapa de pretratamiento, acumulándose en el fondo. Parte de los sólidos son inertes pero la gran mayoría de naturaleza orgánica, por lo que se van degradando anaeróbicamente.

- 2) Lagunas Facultativas: constituyen la segunda etapa del tratamiento, presentan una profundidad de entre 1,5 y 2 metros y ocupan mucha más superficie que la etapa anterior.

El objetivo de esta etapa es la biodegradación, vía aerobia, de la materia orgánica presente en las aguas residuales a tratar, gracias al oxígeno aportado por la actividad fotosintética de las microalgas y por fenómenos de reaeración superficial.

- 3) Lagunas de Maduración: constituyen la última etapa en el esquema de tratamiento, por lo que soportan bajas cargas orgánicas. Presentan una profundidad de entre 0,8 y 1 metros.

Se consigue cierta eliminación de sólidos en suspensión, gracias a la acción filtradora de los organismos que proliferan en ellas, y porcentajes muy altos de eliminación de patógenos.

Se trata de un tratamiento óptimo para poblaciones menores de 1.000 h-e y necesita una superficie aproximadamente de entre 7 y 13 m²/h-e. Hablando de precios, tiene un coste de implantación de unos 200 €/h-e y un coste de explotación de entre 8 y 34 €/h-e-año.

Ventajas:

- ✓ Facilidad constructiva, siendo el movimiento de tierras la actividad principal.
- ✓ Consumo energético nulo, si el agua residual llega por gravedad.
- ✓ Ausencia de averías cuando se opera sin equipos electromecánicos en la etapa de desbaste.
- ✓ Mantenimiento sencillo y simple.
- ✓ Escasa producción de fangos.
- ✓ Buena integración medioambiental.

Inconvenientes:

- Elevados requisitos de terreno para su implantación.
- Implantación puede verse desaconsejada en zonas frías o de baja radiación solar.
- Genera olores desagradables en las Lagunas Anaerobias.
- Posible proliferación de mosquitos.
- Pérdidas de agua por evaporación, provocando un aumento de salinidad de los efluentes tratados.
- Riesgo de contaminación de acuíferos por infiltraciones en caso de que la impermeabilización del sistema no sea la adecuada.

- Con frecuencia, elevadas concentraciones de sólidos en suspensión en los efluentes finales, como consecuencia de la proliferación de las microalgas.

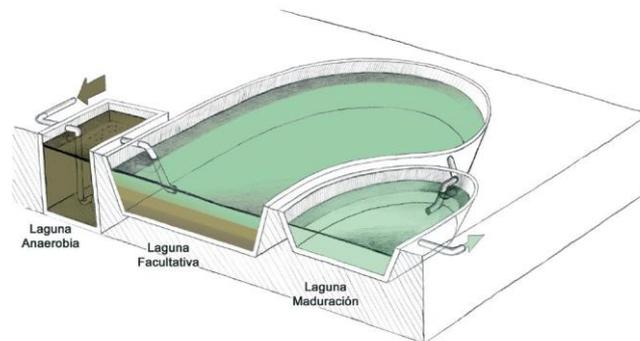


Figura 16: Lagunaje [20]

- Humedales artificiales. Los humedales artificiales son sistemas de depuración en los que se reproducen los procesos de eliminación de contaminantes que tienen lugar en las zonas húmedas naturales.

Se trata de un método adecuado para poblaciones de menos de 2.000 h-e, necesitando una superficie, para poblaciones de 1.000 h-e, de 3 y 5 m²/h-e en función del tipo de humedal o combinación de humedales. En cuanto a costes, para una población de 1.000 h-e, la instalación oscila entre 200-300€/h-e y la explotación entre 15 y 20 €/h-e·año.

Ventajas:

- ✓ Sencillez operativa.
- ✓ Consumo energético nulo o muy bajo.
- ✓ Posible aprovechamiento de la biomasa vegetal generada.
- ✓ Perfecta integración en el medio ambiente natural.

Inconvenientes:

- Requieren de mucha superficie para su implantación.
- Pocos factores de control regulables durante la operación, por lo que es muy importante que estén bien concebidos, dimensionados y construidos.

- Si el material disponible localmente no es el adecuado para el sustrato filtrante, se pueden incrementar notablemente los costes de implantación.

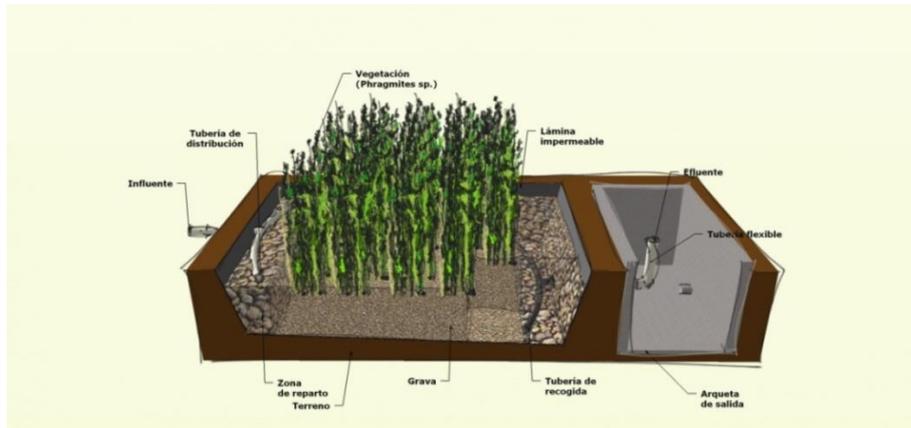


Figura 17: Humedales artificiales [20]

- Filtros intermitentes de arena. Lechos poco profundos (0,6-1,1 m), dotados de un sistema superficial de distribución del agua a tratar y de un drenaje inferior para la recogida de los efluentes tratados.

Son lechos poco profundos, en donde el agua, una vez pretratada, se hace circular verticalmente y de forma intermitente a través del lecho filtrante sobre el que se desarrolla una película bacteriana. En estos sistemas predominan los mecanismos de filtración, oxidación biológica y adsorción, proceso por el cual se produce la fijación en la superficie de las partículas.

En comparación con un humedal artificial de flujo subsuperficial vertical, estos filtros presentan una granulometría más fina del lecho filtrante. Por este motivo, y para evitar problemas de atascamiento y colmatación del lecho filtrante es indispensable contar previamente con una etapa de pretratamiento del agua residual.

Este sistema de depuración puede utilizarse tanto como tratamiento secundario como terciario.

No es un método apto para poblaciones superiores a 1.000 h-e y necesita una superficie de entre 4 y 9 m²/h-e para poblaciones entre 50 y 1.000 h-e. Para poblaciones entre 50 y 1.000 h-e, tiene un coste de instalación de 200-400 €/h-e y de explotación de 15-45 €/h-e·año.

Ventajas:

- ✓ Sencillez operativa.

- ✓ Consumo energético nulo o muy bajo si las aguas residuales a tratar pueden circular por gravedad entre sus distintos elementos, bajo si hay que bombear y algo mayor en los filtros con recirculación.
- ✓ Bajo coste de explotación y mantenimiento.
- ✓ Rápida puesta en operación.

Inconvenientes:

- Requieren de mayor superficie de terreno para su implantación que las tecnologías intensivas.
- Presenta riesgo de colmatación del sustrato si éste no se elige convenientemente, no funcionan correctamente las etapas de pretratamiento y tratamiento primario, o si la instalación recibe vertidos anómalos con elevadas concentraciones de sólidos en suspensión y/o grasas, y éstos no quedan retenidos en las etapas previas a los filtros.
- Si el material disponible localmente no es el adecuado para la filtración, se pueden incrementar notablemente los costes de implantación.
- Poca flexibilidad debido a que existen pocos factores de control regulables durante la operación, por lo que es muy importante que los Filtros Intermitentes de Arena estén bien concebidos, dimensionados y contruidos.

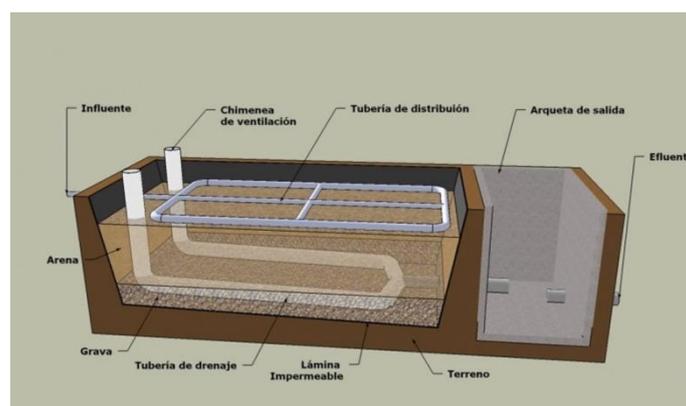


Figura 18: Filtros intermitentes de arena [20]

- Infiltración-percolación. En los tratamientos de infiltración-percolación se hace pasar el agua a través de un medio granular insaturado que sirve de soporte para la fijación de la población bacteriana, responsable de la degradación y

eliminación de los contaminantes. Es necesario un sistema de pretratamiento del agua residual.

Una modalidad de estos tratamientos es el sistema conocido como “tratamiento de las aguas residuales mediante aplicación superficial al terreno”. Se basa en utilizar el suelo como elemento depurador, aprovechando su capacidad como medio filtrante para eliminar sólidos, y su actividad bacteriana para degradar la materia orgánica y eliminar otras sustancias.

Es un método adecuado para poblaciones menores de 1.000 h-e, requiriendo una superficie de 7-10 m²/h-e para poblaciones entre 50 y 1.000 h-e. Sobre los costes, para poblaciones de 50-1.000 h-e, en instalación 250-400 €/h-e y en explotación 15-40 €/h-e·año.

Por otro lado, el sistema “aplicación al terreno” es adecuado para poblaciones menores a 500 h-e utilizando una superficie de 7-10 m²/h-e. Este método tiene unos costes variables en función del tipo de terreno y vegetación.

Ventajas:

- ✓ Sencillez operativa.
- ✓ Consumo energético nulo si las aguas residuales a tratar pueden circular por gravedad entre sus distintos elementos.
- ✓ Costes moderados de implantación.
- ✓ Bajo coste de explotación y mantenimiento.
- ✓ Mínima producción de olores, concentrados en los tratamientos previos a los filtros.
- ✓ Rápida puesta en operación.
- ✓ Pueden alcanzar elevados rendimientos de eliminación de materia en suspensión y materia orgánica.
- ✓ Elevados niveles de eliminación de organismos patógenos cuando se trabaja con espesores de filtros mayores de 3 metros.
- ✓ Se alcanzan elevados niveles de nitrificación.

Inconvenientes:

- Requieren de una mayor superficie de terreno para su implantación que las tecnologías intensivas.
- Presenta riesgo de colmatación del sustrato si éste no se elige convenientemente, no funcionan correctamente las etapas de pretratamiento y tratamiento primario, o si la instalación recibe vertidos anómalos con elevadas concentraciones de sólidos en suspensión y/o grasas, y éstos no quedan retenidos en las etapas previas a los filtros.
- Si el material disponible localmente no es adecuado para la filtración, se pueden incrementar notablemente los costes de implantación.
- Poca flexibilidad debido a que existen pocos factores de control regulables durante la operación, por lo que es muy importante que los sistemas de Infiltración-Percolación estén bien concebidos, dimensionados y construidos.
- Sensible a heladas.
- Necesidad de alternar períodos de operación y de reposo.

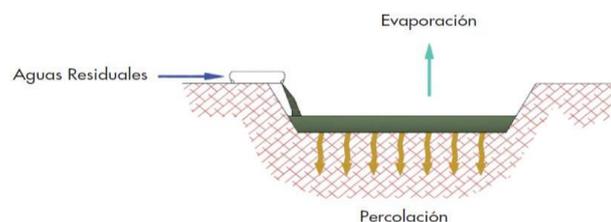


Figura 19: Infiltración-percolación [20]

Tratamientos secundarios intensivos

- Aireaciones prolongadas. Es una variante del sistema convencional de fangos activos.

El proceso consta de cuatro partes diferenciadas:

1. La oxidación biológica, que transcurre en el reactor biológico o cuba de aireación.

2. La separación sólido-líquido, que se lleva a cabo en un decantador o clarificador.
3. La recirculación de fangos para mantener la concentración de microorganismos en el reactor.
4. Extracción de los fangos en exceso.

Es un método adecuado para poblaciones de 500 a 2.000 h-e, requiriendo bajos requisitos de superficie, entre 0,2 y 0,4 m²/h-e. Los costes son elevados, exactamente en instalación entre 120-400 €/h-e en poblaciones entre 50 y 2.000 h-e y en explotación unos 20-35 €/h-e·año.

Ventajas:

- ✓ Bajos requisitos de superficie para su implantación.
- ✓ Posibilidad de alcanzar altos rendimientos de eliminación del nitrógeno total.
- ✓ Flexibilidad, dado que sus parámetros operativos pueden ser controlados.
- ✓ Los fangos generados en el proceso están estabilizados.
- ✓ Bajo nivel de olores.

Inconvenientes:

- Altos costes de explotación.
- Importante consumo energético.
- Requiere personal cualificado y atención continuada para su mantenimiento y explotación.
- Riesgo de arrastre y lavado de la biomasa en situaciones de sobrecarga hidráulica.
- La etapa de decantación secundaria es muy sensible a las sobrecargas hidráulicas.
- Generación de fangos de forma continua, que precisan ser purgados periódicamente, deshidratados y/o evacuados.

- Mala integración paisajística
- Generación de ruidos si no se toman medidas específicas.

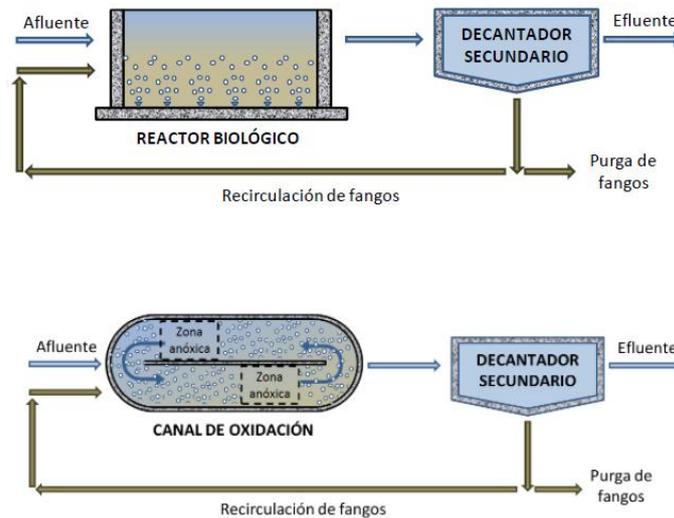


Figura 20: Aireaciones prolongadas [29]

- Lechos bacterianos. También llamados filtros percoladores. Esta tecnología se basa en una depuración mediante procesos aerobios con biomasa inmovilizada. Este sistema consta de las siguientes partes:
 1. Reactor biológico o lecho bacteriano: El agua atraviesa por gravedad un relleno de gran superficie específica (piedras/material plástico), sobre el que se desarrollan microorganismos formando una biopelícula que crece hasta un espesor límite a partir del cual se desprende y es arrastrada por el agua. Dispone de sistemas de alimentación de agua (fijos o móviles) y ventilación (natural o forzada).
 2. Decantador secundario o clarificador: donde se clarifica el agua y se extrae el exceso de fango (biomasa) generada.
 3. Recirculación del agua clarificada al reactor (no siempre necesaria).

Entre sus características están:

- Adecuados para poblaciones de 200 a 2.000 h-e.
- Requiere poca superficie (puede estar entre 0,3-0,75 m²/h-e).

- Influyen la temperatura (en climas fríos puede requerir aislamiento o incluso ventilación forzada para que no disminuyan rendimientos) y la diferencia de temperatura agua residual-aire (para que funcione correctamente la pérdida de temperatura del agua al pasar a través del lecho debe ser inferior a 1,5°C).
- Mala integración paisajística.
- Buen comportamiento ante sobrecargas hidráulicas y contaminantes tóxicos. Menos flexible que la tecnología de fangos activos ante variaciones de las condiciones de diseño.
- Los costes de instalación son elevados, entre 180-350 €/h-e para poblaciones entre 200 y 2.000 h-e.
- Los costes de explotación están entre 16-25 €/h-e·año. La explotación es relativamente sencilla y el mantenimiento algo más complejo por los equipos mecánicos. Se deben realizar tareas de inspección, limpieza y gestión de residuos.

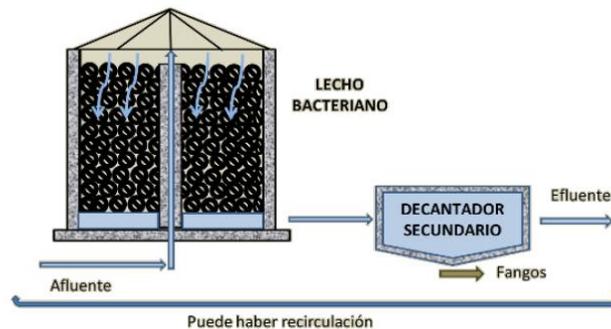


Figura 21: Figura 21: Lechos bacterianos [29]

- Contadores Biológicos Rotativos (CBR) o Biodiscos. En esta tecnología los microorganismos responsables de la depuración se encuentran adheridos formando una biopelícula a un soporte que gira semisumergido. La aireación se produce al estar el soporte en contacto con el aire al realizarse el giro. Requiere el paso por dos elementos:
 1. Contactor: un depósito, normalmente semienterrado, alberga los contactores (soportes giratorios). Estos contactores pueden ser biodiscos (discos de material plástico colocados en paralelo y unidos por un eje central), biocilindros (jaula cilíndrica perforada con material plástico en su interior) o sistemas híbridos.

2. Decantador secundario/clarificador: en esta etapa se extrae el exceso de fango generado (biopelícula desprendida al llegar a cierto espesor).

Los Biodiscos son adecuados para núcleos de 500 a 2.000 h-e, ocupando poca superficie, aproximadamente entre 0,3 y 0,7 0,3-0,7 m²/h-e. Los costes de instalación son elevados, para poblaciones entre 200 y 2.000 h-e suelen estar entre 325-400 €/h-e. La explotación es sencilla y de unos costes entre 16-25 €/h-e·año.

Ventajas:

- ✓ Bajos requisitos de superficie para su implantación.
- ✓ Bajo consumo energético y bajo coste de explotación.
- ✓ Explotación relativamente simple.
- ✓ Buen comportamiento ante la presencia de tóxicos, al alternar la biomasa su contacto con las aguas residuales y con la atmósfera.
- ✓ Facilidad de construcción gradual. Al tratarse de un proceso de construcción modular se puede efectuar la ampliación gradual del mismo en función de las necesidades de depuración.
- ✓ Bajo nivel de ruidos por la escasa potencia instalada.
- ✓ Al estar generalmente en recintos cubiertos, se mantienen una temperatura más elevada en el agua a depurar, por lo que los rendimientos se resienten menos en períodos fríos.

Inconvenientes:

- Costes de implantación elevados debido el coste de los equipos, principalmente de los propios contadores.
- Generación de fangos sin estabilizar.
- Poca flexibilidad, por lo que responde peor ante variaciones respecto a las condiciones de diseño.
- Instalación mecánica relativamente compleja y cierta dependencia de la empresa fabricante por ser sistemas patentados.

- Frente a los sistemas extensivos, cuentan con equipos electromecánicos que requieren mantenimiento y consumen energía.



Figura 22: Biodiscos [20]

- Reactores Secuenciales (SBR). Este sistema es una variante del tratamiento de aireación prolongada con la peculiaridad de que tanto la degradación de contaminantes como la clarificación del efluente se realizan en un mismo reactor en etapas separadas temporalmente:
 1. Llenado: En una primera etapa se realiza el llenado del reactor.
 2. Reacción: Una vez lleno se lleva a cabo la degradación aerobia de la materia orgánica. Se pueden alternar fases de anoxia-anaerobiosis con etapas aireadas para la eliminación de nutrientes.
 3. Sedimentación: Se cesa la aireación y se deja decantar el fango.
 4. Vaciado: El agua residual clarificada se retira del reactor para volver seguidamente a repetir el ciclo.
 5. Fase inactiva. Esta fase es opcional.

Este método requiere poca superficie y es adecuado para poblaciones de 500 a 2.000 h-e. Los costes de implantación son ligeramente inferiores al sistema de aireaciones prolongadas ya que prescinde de decantador, y los de explotación son similares.

Ventajas:

- ✓ Poco requerimiento de espacio al prescindir de decantador secundario.

- ✓ Poca producción de fangos.
- ✓ Flexibilidad frente a variaciones de caudal y carga.
- ✓ Posibilidad de alcanzar altos rendimientos de eliminación de nitrógeno total.
- ✓ Bajo nivel de olores.

Inconvenientes:

- Altos costes de implantación y explotación.
- Importante consumo energético.
- Se requiere un nivel mayor de sofisticación de las unidades de programación temporal y controles.
- Un nivel más alto de mantenimiento asociado al tipo más sofisticado de controles, interruptores y válvulas automáticas.
- Descarga potencial de fangos flotantes o sedimentados durante la fase de descarga o decantación del reactor.
- Taponamiento potencial de los dispositivos de aireación en la fase de sedimentación, dependiendo del sistema de aireación utilizado por el fabricante.

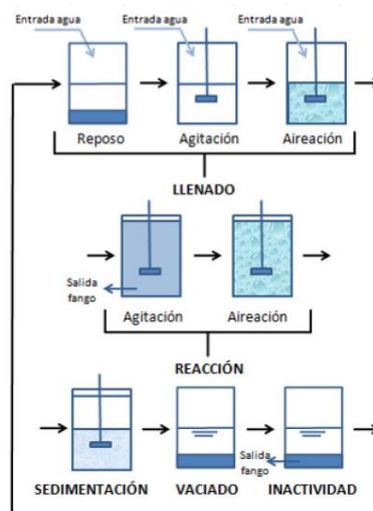


Figura 23: Reactores secuenciales [29]

Sistema escogido

Descartando los tratamientos secundarios extensivos por la necesidad de grandes superficies, cosa que no es recomendable ya que se trata de un lugar de mucho relieve, el sistema escogido es Contadores Biológicos Rotativos (CBR) también llamados Biodiscos. Es un sistema con unas características que encajan para la situación que se está estudiando por las siguientes razones:

- ✓ Es un sistema adecuado para poblaciones entre 500 y 2.000 h-e. En el caso de Nabarniz, se trata de una población equivalente de 663 h-e, por lo que se considera adecuado.
- ✓ La superficie que necesita oscila entre 0,3 y 0,7 m²/h-e, una superficie no muy grande. El no ocupar mucha superficie es lo que se busca y por lo que hace que sea una buena opción.
- ✓ No produce grandes impactos, por lo que también es una buena razón para apostar por este método.
- ✓ Hablando de costes, el coste de instalación es elevado (325-400 €/h-e) pero el de explotación es bastante asequible (16-25 €/h-e·año). A largo plazo se considera una buena opción. Además, también consume poca energía.

Tratamiento terciario

El tratamiento terciario es una fase de la depuración de aguas residuales no obligatoria pero que en ciertos casos debe ser incluida en el proceso de depuración de las aguas. En caso de decidir que una EDAR esté formada también por un tratamiento terciario, éste tendrá el papel de higienizar y adecuar el agua para el consumo urbano y aplicaciones industriales que requieran la máxima pureza del agua.

En el caso de Nabarniz, municipio perteneciente a una zona sensible como es la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, es importante tener un especial cuidado medioambiental.

Además, las aguas del arroyo donde se van a verter las aguas residuales una vez depuradas, el arroyo Sasiturria, acaban llegando al Río Lea, que desemboca en el Mar Cantábrico, exactamente en Lekeitio, un municipio que tiene playa y la gente se acerca a ella en los meses de calor para refrescarse y darse un baño.

Por todo ello, en el proyecto de la EDAR de Nabarniz se considera necesario incluir un tratamiento terciario, y de esta manera generar un vertido lo más respetuoso posible con la zona de la que se trata.

Para la realización de un tratamiento terciario, hay distintas opciones como pueden ser las siguientes:

- **Intercambio Iónico.** Es una operación en la que se utiliza un material, habitualmente denominado resinas de intercambio iónico, que es capaz de retener selectivamente sobre su superficie los iones disueltos en el agua, los mantiene temporalmente unidos a la superficie, y los cede frente a una disolución con un fuerte regenerante.

La aplicación habitual de estos sistemas, es por ejemplo, la eliminación de sales cuando se encuentran en bajas concentraciones.

Ventajas:

- ✓ Son equipos muy versátiles siempre que se trabaje con relativas bajas concentraciones de sales.
- ✓ Actualmente las resinas tienen altas capacidades de tratamiento, resultando compactas y económicas.
- ✓ Las resinas son muy estables químicamente, de larga duración y fácil regeneración.
- ✓ Existe cierta facilidad de automatización y adaptación a situaciones específicas.



Figura 24: Intercambio iónico [20]

- **Adsorción.** La adsorción define la propiedad de ciertos materiales (adsorbentes) de fijar en su superficie moléculas orgánicas extraídas de la fase líquida en la que se encuentran. El proceso de adsorción consiste en la captación de sustancias solubles en la superficie de un sólido. Un parámetro fundamental en este caso será la superficie específica del sólido, dado que el compuesto soluble a eliminar se ha de concentrar en la superficie del mismo.

Se utiliza para eliminar fenoles, hidrocarburos aromáticos nitrados, derivados clorados, etc., así como para eliminar olor, color y sabor. El adsorbente más utilizado en el tratamiento de aguas es el carbón activo.

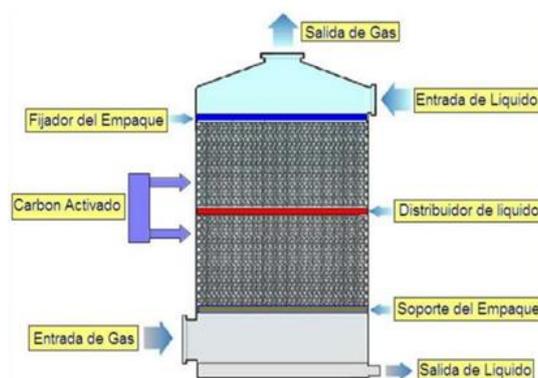


Figura 25: Adsorción por carbón activo [20]

- **Microfiltración y Ultrafiltración.** El principio de la micro y ultrafiltración es la separación física.

Es el tamaño de poro de la membrana lo que determina hasta qué punto son eliminados los sólidos disueltos, la turbidez y los microorganismos. Las sustancias de mayor tamaño que los poros de la membrana son retenidas totalmente.

En la Microfiltración, las membranas usadas tienen un tamaño de poro de 0.1 y 10 μm . Puede ser aplicada a muchos tipos diferentes de tratamientos de agua cuando se necesita retirar de un líquido las partículas de un diámetro superior a 0.1 mm.

La Ultrafiltración permite retener moléculas cuyo tamaño oscila entre 0.001 y 0.1 μm .

Ventajas:

- ✓ Estabilidad y calidad del permeado estable con independencia de picos de carga.

- ✓ Compactibilidad debido al mínimo requerimiento de espacio.
- ✓ Requiere mantenimiento mínimo debido a que sus sistemas de funcionamiento son automatizados.
- ✓ Genera un ahorro de energía debido a que opera a bajas presiones.
- ✓ Ofrece control en la contaminación, originando una “esterilización del frío” como consecuencia del corte del peso molecular nominal de membrana.
- ✓ Requiere pocos trabajos manuales como también posee costes de operación aceptable.
- ✓ No hay cambios en el agua al ser procesada debido a que no es un proceso térmico.

Inconvenientes:

- Genera entre un 30% y 60% de rechazo, según el agua tratada que debe disponerse o tratarse.
- Poca eficiencia para el tratamiento de aguas con altos contenidos de elementos.
- Disminución lenta del flux de filtración con el tiempo.
- Polarización de la concentración.
- Ósmosis Inversa. La Ósmosis Inversa consiste en aplicarle a la disolución concentrada una presión superior a la osmótica, produciéndose el paso de disolvente (agua) desde la disolución más concentrada a la más diluida hasta alcanzar un nuevo equilibrio.

Usando esta técnica, se elimina la mayor parte del contenido en sales del agua.

Ventajas:

- ✓ Son respetuosos con el medio ambiente, ya que no producen ni utilizan productos químicos nocivos durante el proceso.
- ✓ Estos sistemas también requieren una cantidad mínima de energía.

- ✓ Funcionan bien en los sistemas de filtración hogareños, porque por lo general son de tamaño pequeño.
- ✓ La extracción de minerales disueltos, metales y otras partículas beneficia los sistemas de plomería, ya que no hay nada en el agua que pueda corroer las tuberías o acumular como sedimento.

Inconvenientes:

- Los tratamientos de ósmosis inversa requieren una enorme cantidad de agua.
- Tales sistemas típicamente devuelven tan solo entre el 5 y el 15% del agua empujada a través del mismo.
- También tarda mucho tiempo para tratarla apropiadamente.
- El agua que entra al sistema de ósmosis inversa también debe estar libre de bacterias.
- Aunque dichos sistemas quitan casi todos los microorganismos, el riesgo de contaminación por pequeñas fugas o partes de deterioradas impiden que se utilicen para eliminar las bacterias.

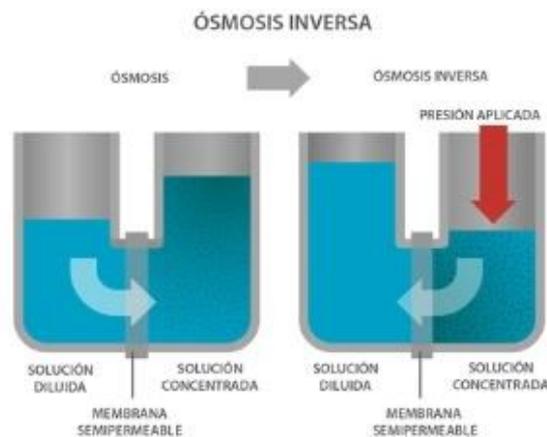


Figura 26: Ósmosis inversa [20]

- Electrodesinfección. La electrodesinfección utiliza ánodos con elevado poder de oxidación de forma indirecta (producción muy elevada de oxidantes tipo cloro, ozono, radicales o peróxidos).

La electrodesinfección puede realizarse de dos formas: directamente pasando el efluente por el interior del reactor, o bien, produciendo los oxidantes a partir de una solución madre e inyectando ésta al agua que se desea tratar.

Ventajas:

- ✓ Debido a su efectividad, esta técnica es capaz de eliminar virus, bacterias y parásitos gracias a que consigue una elevada producción de oxidantes.

Inconvenientes:

- Es necesario reponer los electrodos de sacrificio.
 - Puede ser un tratamiento costoso en regiones en la cuales el costo de la energía eléctrica sea alto.
 - El óxido formado en el ánodo puede, en muchos casos, formar una capa que impide el paso de la corriente eléctrica, disminuyendo de esta forma la eficiencia del proceso.
- Membranas cerámicas. Debido a sus características, las membranas cerámicas están siendo cada vez más utilizadas en todo tipo de procesos de depuración de aguas residuales.

Ventajas:

- ✓ La gran estabilidad mecánica y química de estas membranas, hacen posible su utilización tanto para efluentes de alta carga contaminante, como para reutilización de aguas de cualquier proceso industrial.
- ✓ Las membranas cerámicas están siendo cada vez más utilizadas en la purificación de agua. La alta estabilidad química y térmica del material de la membrana permite la regeneración química o térmica y la esterilización con productos químicos agresivos.
- ✓ Otra característica que las hace idóneas para tratamiento de aguas es su bajo ensuciamiento. Este hecho ayuda a reducir costes de operación y un gran ahorro de energía.
- ✓ Se harán menos regeneraciones, tras su utilización en depuración de aguas residuales lo que consigue una vida útil más larga y menor inversión en mantenimiento.

Inconvenientes:

- Elevado coste de fabricación.
- Precisan de elevadas presiones de trabajo, lo que repercute en un mayor coste energético.
- A menudo precisan de ayudas de filtrado que son materiales para aumentar la eficacia de la filtración, con lo que se incrementa significativamente el coste y el volumen de residuos.

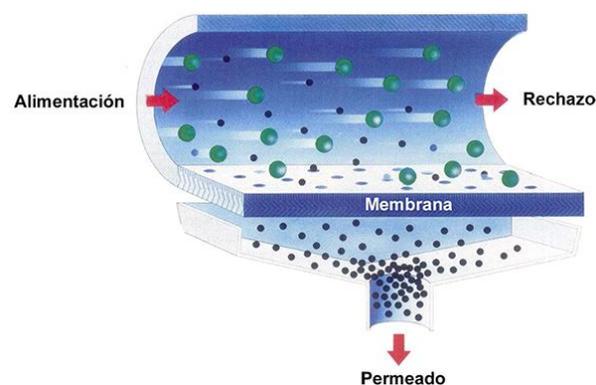


Figura 27: Membranas cerámicas [20]

- Oxidación avanzada. Estos procesos tienen por objetivo la eliminación de compuestos solubles no biodegradables, presentes en las aguas residuales.

El proceso consiste en una oxidación química en condiciones suaves de presión y temperatura hasta la mineralización completa de contaminantes. El agente oxidante es una especie radicalaria denominada hidroxilo (OH) con una elevadísima capacidad oxidante y con tiempos de reacción muy cortos.

Debido a la altísima reactividad de estas especies es posible eliminar tanto compuestos orgánicos como inorgánicos logrando así una reducción de DQO, COT y toxicidad en las aguas residuales tratadas. Además, la generación de radicales se realiza a partir de oxígeno, agua oxigenada y catalizadores soportados, por lo que los subproductos de reacción son únicamente agua y dióxido de carbono.

La oxidación avanzada ha sido ampliamente desarrollada para una amplia gama de sectores industriales. En el caso concreto de las lavanderías se han realizado diversos estudios y mostrado su efectividad.

Ventajas:

- ✓ Puede alcanzarse la mineralización total de los contaminantes orgánicos.
- ✓ Usualmente no generan lodos que requieren tratamiento y/o eliminación.
- ✓ Son muy útiles para eliminar contaminantes refractarios que resisten otros métodos de tratamiento, principalmente el biológico.

Inconvenientes:

- Elevado coste por el uso de reactivos caros.
- Elevado costo energético por el uso de lámparas fluorescentes.
- Radiación ultravioleta. Dicho tratamiento proporciona una inactivación rápida y eficiente de los microorganismos mediante un proceso físico. Cuando las bacterias, los virus y los protozoos se exponen a las longitudes de onda germinadas de la luz UV, se vuelven incapaces de reproducirse e infectar. Se ha demostrado que la luz UV es eficaz frente a microorganismos patógenos, como los causantes del cólera, la polio, la fiebre tifoidea, la hepatitis y otras enfermedades bacterianas, víricas y parasitarias.

En cuanto a su eficacia, un importante conjunto de investigaciones científicas ha demostrado la capacidad de la luz UV para inactivar una extensa lista de bacterias patógenas, virus y protozoos. La luz UV ofrece una ventaja clave sobre la desinfección con cloro, ya que puede inactivar protozoos perjudiciales para la salud de la población.

La liberación de estos microorganismos perjudiciales a los lagos y ríos receptores a través de las plantas de tratamiento de aguas residuales que utilizan cloro para la desinfección incrementa el riesgo de contaminación en comunidades que utilizan los mismos cuerpos de agua para el agua potable y el agua de uso lúdico. Las plantas de tratamiento de aguas potables pueden beneficiarse de la utilización de luz UV, puesto que inactiva fácilmente patógenos resistentes al cloro (protozoos), a la vez que reduce el empleo de cloro y la formación de sus subproductos.

Entre las ventajas que tiene este tratamiento están:

- ✓ Se trata de un proceso libre de sustancias químicas que no añade nada al agua, excepto luz UV.

- ✓ La luz UV no requiere transporte, almacenamiento ni manipulación de sustancias químicas tóxicas o corrosivas, lo que representa un beneficio para la seguridad de los operarios de las plantas y la población circundante.
- ✓ El tratamiento por UV no genera subproductos carcinógenos de la desinfección que puedan afectar negativamente a la calidad del agua.
- ✓ La desinfección por UV es muy eficaz en la inactivación de una gran diversidad de microorganismos, incluidos patógenos resistentes al cloro como *Cryptosporidium* y *Giardia*.
- ✓ La luz UV se puede utilizar (sola o junto con peróxido de hidrógeno) para descomponer los contaminantes químicos tóxicos a la vez que desinfecta.
- ✓ Los costes operativos de la desinfección por UV vienen dados por la sustitución anual de las lámparas y el consumo eléctrico.
- ✓ La luz UV elimina o reduce el peligro inmediato para la seguridad que supone el gas de cloro, el transporte y la distribución.
- ✓ Con la desinfección por UV, se minimizan y/o eliminan los costes por respuestas a fugas, administración gestión de riesgos y planificación de emergencias y formación de los operarios.
- ✓ Los ayuntamientos no pagan primas por las significativas ventajas para la seguridad de la desinfección por UV.

Inconvenientes:

- La baja dosificación puede no desactivar efectivamente algunos virus, esporas y quistes.
- Algunas veces los organismos pueden reparar o invertir los efectos destructivos de la radiación UV mediante un “mecanismo de reparación”, también conocido como fotoreactivación o, en ausencia de radiación, como “reparación en oscuro”.
- Un programa de mantenimiento preventivo es necesario para controlar la acumulación de sólidos en la parte externa de los tubos de luz.
- La desinfección con luz UV no es tan económica como la desinfección con cloro, pero los costos son competitivos cuando la cloración requiere descloración y se cumple con los códigos de prevención de incendios.

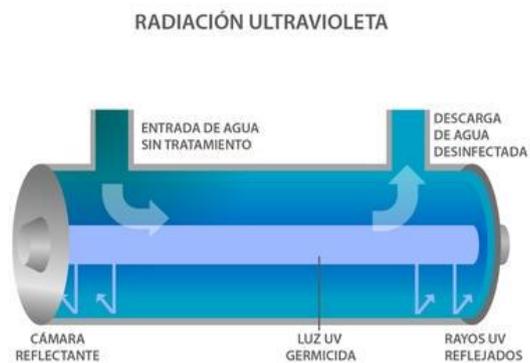


Figura 28: Radiación Ultravioleta [20]

Sistema escogido

Por todas las ventajas que están reflejadas anteriormente y también mirando el tema de ocupar el menor espacio posible, se escogerá el sistema de la Radiación Ultravioleta. Además, Trojan UV, fabricante de sistema de radiación ultravioleta, garantiza que se trata de un sistema que permitirá realizar un tratamiento terciario de calidad y proporcionará unos buenos resultados para higienizar al máximo las aguas residuales.

Arqueta de agua tratada

Se colocará una arqueta de agua tratada para tener un punto fácil para poder hacer alguna toma de muestras de lo que se va a verter al cauce.

Se dimensionará la arqueta para un tiempo de retención a caudal máximo de 0,5 horas, por lo tanto, se necesitará un volumen de depósito, según los cálculos realizados en el “ANEJO 3: CÁLCULOS Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE TRATAMIENTO”, de 9,576 m³.

Por lo que las dimensiones de la arqueta serán las siguientes:

Anchura: 2,2 m.

Longitud: 2,2 m.

Altura de agua: 2 m.

Resguardo: 0,5 m.

Por lo que la arqueta tendrá un volumen real de $9,68 \text{ m}^3$.

Además, dispondrá de una compuerta mural de accionamiento manual que ayudará a regular el paso de agua cuando sea necesario.

4.2. LÍNEA DE FANGOS

En pequeñas EDAR para poblaciones de entre 50 a 1.000 h-e, se encuentran fangos generados en sistemas de Decantación-Digestión (Fosa Séptica y Tanques Imhoff) y los generados en Lagunas Anaerobias. Estos fangos se caracterizan por estar altamente digeridos y mineralizados, al permanecer en el reactor durante un prolongado periodo de tiempo.

La composición y la cantidad de este tipo de fangos dependen, entre otros factores, de la frecuencia y la manera de llevar a cabo el vaciado de estos sistemas.

Los fangos que se producen en sistemas como los que se han propuesto para el dimensionamiento de la futura EDAR de Nabarniz, son fangos que se encuentran estabilizados y se pueden dar dos opciones para su gestión.

- a) Si se realiza un uso local del fango (aplicación en agricultura u otro uso permitido), se procederá a su deshidratación “in situ” mediante Eras de Secado o Humedales Artificiales. Asimismo, 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, tipo centrífuga transportable u otros, cuyos costes de adquisición, explotación y mantenimiento son compartidos por la mancomunidad.
- 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. En el primero de los casos, se enviará el fango líquido, procediendo a su deshidratación previa “in situ”, cuando el destino final sea un vertedero controlado.

En el caso de Nabarniz, no se usarán los fangos extraídos en el municipio, por lo que se optará por la segunda opción de las antes mencionadas.

Antes de la recogida, saldrá del clarificador o decantador secundario una cantidad diaria media de unos $19,8 \text{ m}^3$ a una concentración del 2%, que a través de una bomba y una tubería de 125 mm de diámetro pasará al espesador de gravedad. La concentración de los lodos aumentará hasta un 4%, recirculando el agua sobrante hacia el desarenador.

Después del espesado, se procederá a la deshidratación de los fangos, que será realizada en un centrifugador, al que accederán por bombeo desde una tubería de 125 mm. El agua sobrante también será recirculada hacia el desarenador, mientras que los

lodos conseguirán salir rumbo al silo de almacenamiento con una concentración del 30%, ya pastosa.

La frecuencia con que ha de llevarse a cabo la recogida de los fangos del silo estará comprendida entre 10 y 15 días, dependiendo de la cantidad de fangos producidos, ya que es variable. En todo caso, se llegará a un acuerdo con el gestor de fangos para su recogida, que se realizará por gravedad (con ayuda de agua y aire si es necesario) sobre un camión bañera que esté perfectamente adaptado para realizar dicha labor.

Hablando del destino que pueden tener dichos fangos, se propone el municipio de Lekeitio que consta de EDAR con tratamiento de fangos y se encuentra a unos 20 km de Nabarniz. Se estima que más o menos se tardaría media hora en realizar el transporte.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

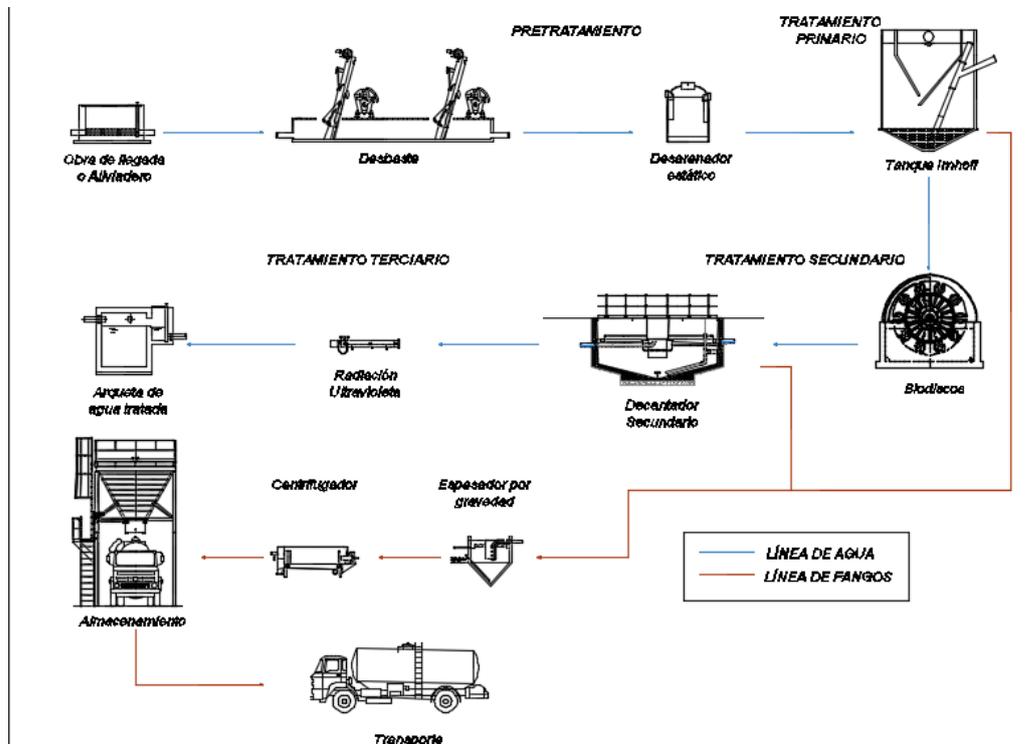


Figura 29: Sistemas que forman la EDAR

5.1. LÍNEA DE AGUA

Obra de llegada

El agua recogida por la red de saneamiento municipal existente será transportada a través de colectores hasta la EDAR.

La obra de llegada estará compuesta por una arqueta donde se conectarán los colectores que transportan las aguas residuales.

En el caso de Nabarniz, se adoptará para las aguas residuales un coeficiente de dilución de 1:2 lo que implica que al caudal máximo que se va a tratar sea de dos veces el caudal medio de aguas negras, vertiéndose directamente al río los caudales superiores.

By-pass general de planta

Para garantizar el aislamiento general de la planta, se dispone una compuerta mural motorizada de accionamiento eléctrico que regula la conexión de la obra de entrada con el edificio de pretratamiento.

Igualmente, para efectuar el by-pass general de la EDAR se instala, tras la reja de gruesos, otra compuerta mural de accionamiento eléctrico que permitirá desviar, en casos excepcionales, el caudal de agua a tratar que entra en la planta.

Desbaste

El desbaste se realiza mediante un par de máquinas de rejas de limpieza automática, de finos y gruesos, destinadas a realizar la separación sólido-líquido.

En cuanto a su funcionamiento, el agua entrará por la tubería de entrada y se distribuirá uniformemente por el ancho del canal de 0,25 m. Las partículas sólidas quedan retenidas en las rejas para ser depositadas en un contenedor gracias al funcionamiento automático de limpieza.

Las características de las rejas serán:

- Rejas de gruesos:
 - Número de barras: 10 barras
 - Espesor de las barras: 14 mm
 - Separación entre barras: 10 mm

- Rejas de finos:
 - Número de barras: 15 barras
 - Espesor de las barras: 6 mm
 - Separación entre barras: 10 mm

Desarenador estático

El agua procedente del tamiz rotativo entra en el desarenador. Éste tiene por objeto la eliminación de arenas y partículas discretas de pequeño tamaño como pueden ser arenas. De este modo, se consiguen separar ciertas partículas que lleva el agua residual y que pueden perjudicar los tratamientos posteriores.

Para realizar esta función se ha elegido instalar un desarenador estático vertical de la marca Salher, cuyas características son las siguientes:

- Desarenador estático de cámara de PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio) fabricada con resinas ortoftálicas según normas UNE-EN1825-1:2005.
- Alto rendimiento de separación de arenas y sólidos densos debido a la elevada superficie de separación.
- Extracción de arenas y sólidos manual a través de boca de registro con tapa superior de PRFV.
- Tubulado de entrada y salida en PVC.
- Elemento opcional: Alarma de detección de arenas y sólidos.

Tratamiento primario: Tanques Imhoff

Tras pasar por el pretratamiento, el agua llega al tratamiento primario donde se tratara el agua mediante Tanques Imhoff.

Se instalarán dos Tanques Imhoff, ya que se estima una población equivalente de 663 h-e y la capacidad máxima de diseño de los Tanques Imhoff suele estar en torno a los 500 h-e, debido a limitaciones constructivas. Por lo que para poblaciones menores de 1.000 h-e se pueden instalar varias unidades en paralelo, en este caso dos.

Los tanques no serán prefabricados, por lo que habrá que construir las dos unidades y cada una de ellas tendrá las siguientes dimensiones:

Superficie: 150 m²

Ancho: 4,5 m

Largo: 13,5 m

Tratamiento biológico: Biodiscos

Tras la eliminación de parte de la materia indeseada en los procesos del pretratamiento y tratamiento primario, el siguiente paso es eliminar la materia orgánica presente en el agua. La opción elegida ha sido la de los contactores biológicos rotativo o biodiscos.

Tras la realización de ciertos cálculos de dimensionamiento se ha optado por poner un tanque modelo B36414 del catálogo de la empresa FILTRAMAS S.A., del cual se pueden obtener la siguiente información sobre las características del sistema.

- Depuración biológica de bajo consumo energético y mantenimiento sencillo con soporte fijo que no requiere control del licor de mezcla.
- Equipos robustos y ampliamente experimentados.
- Instalaciones compactas de funcionamiento silencioso y dimensiones reducidas con impacto ambiental mínimo y ausencia de olores desagradables.
- El equipo consta esencialmente de los siguientes componentes:
 1. Grupo motorreductor: Como standard se utiliza accionamiento directo, si bien puede también emplearse transmisión mediante cadena transportadora.
 2. Eje motriz: Construido en tubo SCHEDULE-ST52, con estructura de apoyo de discos soldada. Acabado mediante chorreado de arena SA 2 1/2 y 300 micras de alquitrán Epoxy.
 3. Rodamientos: De rodillos esféricos ampliamente dimensionados, calculados para una duración de 100.000 horas bajo condiciones de adecuada lubricación.

Decantación secundaria

Tras la formación de flóculos sedimentables en el reactor biológico, será necesario separarlos del agua, que tras ese proceso podrá ser conducida al tratamiento terciario. Dicha separación se realizará en un decantador secundario o clarificador, que deberá cumplir unas características mínimas de altura y superficie para adecuarse al caudal, a la velocidad ascensional, y al tiempo de retención del licor mezcla del que se dispone.

Lo primero que se va a tener en cuenta es la velocidad ascensional. La decantación posterior a los reactores biológicos requiere unas velocidades ascensionales inferiores a la velocidad de caída de los flóculos formados. Para las aguas procedentes de biodiscos, no conviene pasar de $40 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{día}$, considerando el caudal punta en el cálculo.

El decantador escogido será prefabricado y circular y, además, tendrá las siguientes características:

1. Tanque de sedimentación prefabricado en Poliester Reforzado de Fibra de Vidrio.
2. Superficie: 30 m^2 .
3. Altura total: 3.000 mm.
4. Diametro tubería de entrada y salida: 125 mm, en PVC.
5. Barandilla INOX-304 y pasarela tramex de poliéster, en parte superior.

Tratamiento terciario: Radiación Ultravioleta

Tras todo el proceso de tratamiento obligatorio de la EDAR de Nabarniz, llegará el agua al tratamiento terciario. Este tratamiento no es obligatorio pero, en este caso, se ha considerado por el lugar y el destino de las aguas incluir este tratamiento.

Mediante el tratamiento por radiación ultravioleta se pretende higienizar lo máximo posible el agua para su posterior consumo humano ya que las aguas serán vertidas al arroyo Sasiturria para acabar en el Mar Cantábrico por Lekeitio, donde esa agua será utilizada por sus habitantes al acercarse a la playa para refrescarse en temporadas de calor.

Para realizar el Tratamiento Terciario se ha elegido el sistema que ofrece TrojanUV, fabricante de tratamientos por Radiación UV, llamado TrojanUVFit cuyas características son las siguientes:

Características del sistema:

1. Número de lámparas: 4 a 144 lámparas por reactor.
2. Tipo de lámpara: Amalgama de baja presión, alta eficacia y alto rendimiento.

3. Limpieza de las fundas: Sistema automático de limpieza (Opcional limpieza química, no en línea).
4. Reactancia: Electrónica, salida constante (100% de potencia). Electrónica, salida variable (60 a 100% de potencia).

Cámara del reactor:

1. Materiales de construcción: Acero inoxidable 316L.
2. Tamaño de las bridas (ANSI/DIN): 6 pulgadas (150 mm) a 20 pulgadas (500 mm).
3. Orientación de las bridas de salida: 3, 6, 9 ó 12 horas de la posición del reloj.

Centro de distribución de potencia:

1. Suministro eléctrico: Disponible en varias opciones.
2. Materiales de construcción disponibles: Acero al carbono pintado y Acero inoxidable 304.
3. Clasificación de los paneles: NEMA 12, NEMA 3R y NEMA 4X.

Centro de control del sistema:

1. Controlador: Microprocesador, Base PLC.
2. Salidas típicas suministradas: Estado del reactor, alarmas comunes y comunicaciones con SCADA (otras disponibles).

El tratamiento terciario dentro de la EDAR estará situado en una pequeña caseta donde se encontrará también su cuadro eléctrico.

Las dimensiones interiores de dicha caseta serán de 5,4 m x 3,45 m de lado y 3 m de altura y provista de una puerta de acceso de 0,9 metros de anchura.

5.2. LÍNEA DE FANGOS

Del clarificador se extrae una cantidad diaria media de fangos de unos 19,8 m³ a una concentración de un 2%, que a través de una bomba y una tubería de 125 mm de diámetro pasará al espesador de gravedad. Desde aquí la concentración de los lodos aumentará hasta una concentración aproximada del 4%, recirculando el agua sobrante hacia el desarenador.

Características del sistema:

- Modelo DCT-AE-5 del catálogo de Filtramas S.A., modelo prefabricado con tubería de PVC de entrada y de salida de diámetro 125 mm, abierto en la parte superior y con la carcasa fabricada a partir de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), material suficientemente resistente.
- Diámetro superior: 2.000 mm.
- Altura final: 2.300 mm.
- Altura cilindro: 1.300 mm.
- Altura cono: 1.000 mm.
- Ángulo del cono: 60°.
- Volumen: 5.000 litros
- Diámetro tubería de entrada y salida: 125 mm.

Después del espesado, los fangos se someterán a deshidratación, que será realizada en un centrifugador, al que accederán por bombeo desde una tubería de 125 mm.

El equipo está constituido por:

1. Tambor: Construido en acero inoxidable AISI 304. Tiene dos zonas, una con forma cilíndrica y otro tronco-cónica.
2. Tornillo sinfín: Se fabrica en acero inoxidable AISI 304 y se le aporta carburo de tungsteno en los flancos para reforzar su capacidad antierosión.

3. Grupo de accionamiento: Motor eléctrico que gira a 3000 rpm y transmite el movimiento mediante un juego de poleas que origina una velocidad diferencial entre el tambor y el tornillo sinfín que arrastra el fango hacia la boca de salida.
4. Estructura soport: Fabricada en acero al carbono A42b electrosoldado y tratado superficialmente.
5. Bandeja de recogida de sobrenadantes: Fabricada en acero inoxidable AISI 304.
6. Capota de cubrición: Fabricada en acero inoxidable AISI 304, tipo abierta y de fácil desmontaje, para acceder al tambor con facilidad.
7. Accesorios: Cuadro de fuerza y maniobra que realiza el control mediante un variador autómatas WEG con alimentación trifásica que incluye la programación de todo el proceso (bombas, agitadores, planta de preparación de polielectrolito, electroválvulas de lavado, tornillo de transporte, etc).

El agua sobrante se recirculará nuevamente hacia el desarenador, mientras que los lodos conseguirán salir rumbo al silo de almacenamiento con una concentración del 30%, ya pastosa.

La frecuencia con que ha de llevarse a cabo la recogida de los fangos del silo será de aproximadamente 10-15 días, aunque el llenado dependerá de la cantidad de fangos producida, ya que es variable. En todo caso, se llegará a un acuerdo con el gestor de fangos para su recogida, que se realizará por gravedad sobre un camión bañera que esté perfectamente adaptado para realizar dicha labor.

6. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

	IMPORTE (€)
01	INSTALACIÓN DE LLEGADA..... 21.480,07
02	EDAR 476.642,79
03	INTERIOR DE LA EDAR 20.512,01
04	URBANIZACIÓN 39.198,55
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL 557.833,42
	13,00 % Gastos generales 72.518,34
	6,00 % Beneficio industrial 33.470,01
	Suma..... 105.988,35
	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA 663.821,77
	21% IVA..... 139.402,57
	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN 803.224,34
	Expropiaciones..... 55.456,13
	PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN 858.680,47

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de OCHOCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS OCHENTA EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS

7. NORMATIVA

Serán de obligada observancia y cumplimiento las siguientes Instrucciones y Normas:

- Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, relativa al tratamiento de las aguas residuales.
- Real Decreto Ley 11/1995, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas.
- Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del citado Real Decreto Ley 11/1995.
- Directiva 98/15/CEE de la Comisión, de 27 de febrero de 1998, por la que se modifica la Directiva 91/271/CEE del Consejo en relación con determinados requisitos.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio. Aprobación del Texto Refundido de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril. Aprobación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de Octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprobó el TRLA. Modificado por la Ley 62/2003 de 30 de diciembre y la Ley 11/2005 de 22 de junio.
- Real Decreto 606/2003 de 23 de mayo, por el que se modifica el RDPH.
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.
- Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.
- Normas MV.

- Normas UNE.
- Normas DIN.
- Normas ASTM.
- Normas NTE.
- Normas AENOR.
- PIET-70.

8. BIBLIOGRAFÍA

PÁGINAS WEB:

1. Ayuntamiento de Nabarniz
<http://www.nabarniz.eus/es-ES/Paginas/default.aspx> [19/2/2018]
2. <https://es.wikipedia.org/wiki/Nav%C3%A1rniz> [19/2/2018, 21/2/2018]
3. <http://www.leaibarra.com/mancomunidad-lea-ibarra/valle/-lea/rio-lea.php> [19/2/2018]
4. <http://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-secundario/> [21/2/2018]
5. https://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/L%C3%ADnea_de_fangos [22/2/2018]
6. <http://www.consorcioaa.com/cmscaa/opencms/CAA/saneamiento/sistema-generico-de-saneamiento/depuracion-edar/desarenado-desengrasado.htm> [26/2/2018]
7. <https://es.slideshare.net/guillermo150782/coagulacion-y-floculacion> [26/2/2018]
8. <https://es.slideshare.net/raulcc1950/tratamiento-aerobico-y-anaerobico-de-aguas-residuales> [1/3/2018]
9. https://es.wikipedia.org/wiki/Depuraci%C3%B3n_biol%C3%B3gica_por_fangos_activos [1/3/2018]
10. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación
<https://www.mapama.gob.es/es/> [1/3/2018]
11. Instituto Nacional de Estadística
<https://www.ine.es/>
12. <https://blog.condorchem.com/tag/biodiscos/> [2/3/2018]
13. <https://es.wikipedia.org/wiki/Lagunaje> [2/3/2018]
14. https://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/L%C3%ADnea_de_fangos#Estabilizaci%C3%B3n_o_digesti%C3%B3n [5/3/2018]
15. <https://prezi.com/px9zepnn5pnq/lodos-activados/> [27/3/2018]

16. <https://www.iagua.es/blogs/jorge-chamorro/depuracion-principiantes-i-datos-diseno>
[10/4/2018]
17. <http://www.turismourdaibai.com/es/municipios> [4/5/2018]
18. https://es.wikipedia.org/wiki/Reserva_de_la_biosfera_de_Urdaibai [4/5/2018]
19. <http://www.filtramas.com/> [2/7/2018, 6/8/2018]
20. Google Imágenes
21. Google Maps
22. <https://www.trojanuv.com/es/uv-basics/#> [2/8/2018]
23. URA [13/6/2018]
24. Euskalmet
<http://www.euskalmet.euskadi.eus/s07-5853x/es/meteorologia/climatologia.apl?gen=S&e=5&campo=C046-Oiz>
[15/6/2018]
25. Salher.
<https://www.salher.com/es/> [25/7/2018]

LIBROS Y DOCUMENTOS:

26. MANUAL PARA LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE DEPURACIÓN EN PEQUEÑAS POBLACIONES
Autores: Enrique Ortega de Miguel, Yasmina Ferrer Medina, Juan José Salas Rodríguez, Carlos Aragón Cruz y Álvaro Real Jiménez.
Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
Año de Edición: 2011
27. MANUAL DE DISEÑO DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES
Autor: Aurelio Hernández Lehmann
Segunda edición, Abril 2000
Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos.
28. MANUAL DE DEPURACIÓN URALITA

Autores: Aurelio Hernández Muñoz, Aurelio Hernández Lehmann y Pedro Galán Martínez.

Editorial: Paraninfo

1ª edición, 1996

29. GUÍA PRÁCTICA PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN PEQUEÑAS POBLACIONES

Autores: Rosa Huertas, Carlos Marcos, Nuria Ibarguren Y Sergio Ordás.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España.

30. CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS DEMANDAS DE AGUA EN LA CAPV Y ESTUDIO DE PROSPECTIVAS, URA

Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno Vasco.

ANEJOS

ÍNDICE

1. ANEJO 1: REPORTAJE FOTOGRÁFICO.....	- 71 -
2. ANEJO 2: ESTUDIO DEMOGRÁFICO Y POBLACIÓN EQUIVALENTE.....	- 83 -
3. ANEJO 3: CÁLCULOS HIDRÁULICOS Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.....	- 97 -
4. ANEJO 4: EXPROPIACIONES.....	- 131 -
5. ANEJO 5: JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	- 145 -
6. ANEJO 6: PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN.....	- 169 -

ANEJO Nº 1

REPORTAJE FOTOGRAFICO

ÍNDICE

1.1. INTRODUCCIÓN	- 77 -
1.2. REPORTAJE FOTOGRÁFICO	- 78 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Barrio de Elexalde desde la carretera BI-3242	- 78 -
Figura 2: Barrio de Merika desde la carretera BI-3242	- 78 -
Figura 3:Barrio de Elexalde visto desde el barrio de Merika.....	- 79 -
Figura 4: Filtros biológicos en el barrio de Merika.....	- 79 -
Figura 5: Demostración del mal estado de los filtros.....	- 80 -
Figura 6: Interior del filtro biológico	- 80 -
Figura 7: Vertido de aguas en el barrio de Merika al arroyo Arritxia.....	- 81 -

1.1. INTRODUCCIÓN

Con este reportaje se pretende mostrar la situación actual de los tratamientos existentes y de los vertidos de aguas residuales, tanto a arroyos cercanos como al terreno, así como los distintos condicionantes (terreno, pendiente, vegetación, etc.) que pueden marcar el proyecto de la nueva EDAR.

Todas las imágenes se tomaron los días 18 de Abril, 2 de Mayo y 23 de Junio de 2018.

1.2. REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Figura 1: Barrio de Elexalde desde la carretera BI-3242



Figura 2: Barrio de Merika desde la carretera BI-3242



Figura 3:Barrio de Elexalde visto desde el barrio de Merika



Figura 4: Filtros biológicos en el barrio de Merika



Figura 5: Demostración del mal estado de los filtros



Figura 6: Interior del filtro biológico



Figura 7: Vertido de aguas en el barrio de Merika al arroyo Arritxia

ANEJO Nº 2

ESTUDIO DEMOGRÁFICO Y POBLACIÓN EQUIVALENTE

ÍNDICE

2.1. INTRODUCCIÓN	- 89 -
2.2. EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN	- 90 -
2.2.1. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA	- 91 -
2.3. OTRAS FUENTES DE AGUAS RESIDUALES	- 93 -
2.4. CÁLCULO DE POBLACIÓN EQUIVALENTE	- 95 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población de Nabarniz en diferentes años	- 90 -
Tabla 2: Cabezas de ganado.....	- 93 -
Tabla 3: Equivalencias	- 93 -
Tabla 4: Cálculo habitantes-equivalentes por contaminación ganadera	- 94 -
Tabla 5: Resumen habitantes	- 95 -

2.1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se pretende describir y evaluar la situación actual del sistema depurativo del municipio de Nabarniz, teniendo en cuenta tanto las necesidades depurativas del municipio como el estado del mismo, así como el impacto provocado en el entorno cercano a ella.

Actualmente, Nabarniz tiene una red de saneamiento para cada uno de los barrios por los que está compuesto el municipio, sin estar conectadas unas a otras. Estas redes de saneamiento transportan las aguas residuales a distintos lugares de depuración y vertido de aguas repartidos por el municipio.

La depuración se realiza mediante pozos clarificadores y filtros biológicos, método que resulta ser anticuado y no cumple con las exigencias de la normativa actual (Directiva 91/271/CEE y el Plan Regional de Saneamiento). Además, presentan dificultades en caso de haber algún problema ya que no disponen de alguna forma de aviso en estas situaciones.

Los vertidos se realizan a arroyos próximos al municipio o, en caso de no haber un arroyo cercano por la zona de vertido, se vierten al terreno.

2.2. EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN

Para realizar el proyecto de la estación depuradora se necesitan una serie de parámetros que son necesarios para realizar los cálculos del dimensionamiento, tales como los caudales y características del agua residual.

Para ello es necesario hacer un estudio de la población que se cree que habrá y para la cual se dimensionará la estación de este proyecto.

En este apartado se recogen los cálculos necesarios para estimar esta población.

Para la realización de este apartado se han tomado datos del Instituto Nacional de Estadística en cuya página aparecen datos de población desde el año 1842.

Tabla 1: Población de Nabarniz en diferentes años [11]

AÑO	MUNICIPIO NABARNIZ (habitantes)
1998	236
1999	232
2000	231
2001	222
2002	227
2003	226
2004	231
2005	229
2006	223
2007	230
2008	225
2009	231
2010	234
2011	236
2012	227
2013	232
2014	239
2015	237
2016	259
2017	260

Como se puede observar, la población de Nabarniz ha ido aumentando en los últimos años. El aumento no es muy notorio, incluso se puede apreciar de un año a otro algún descenso de población, pero la información general que facilitan estos datos dice que la población ha aumentado.

Como se comenta anteriormente, el aumento no es muy notorio y esto puede deberse a la zona donde está situado el municipio de Nabarniz, que es una zona con muchísimo relieve y, por tanto, difícilmente puede crecer con mayor intensidad.

2.2.1. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA

La tendencia es crecer, pero para ello se hará el estudio de determinación de la población permanente en el año horizonte usando el modelo MOPU (Antiguo Ministerio de Obras Públicas y actual Ministerio de Fomento). Para ello es importante señalar que se va a considerar una vida útil de la infraestructura de 25 años, luego la población horizonte será la evaluada para el año $2017 + 25 = 2042$.

Este modelo calcula la tasa de crecimiento/decrecimiento de la última década y de los últimos 20 años y asume que la tasa global “r” es una media ponderada de las dos tasas anteriores.

- **Población permanente**

P_a = Población en el año actual = 260 habitantes.

P_{10} = Población de hace diez años = 225 habitantes.

P_{20} = Población de hace veinte años = 236 habitantes.

También necesitaremos hallar las tasas de crecimiento de los últimos 10 años, β , y 20 años, γ , que serían:

$$P_a = P_{10} \cdot (1+\beta)^{10} \rightarrow 260 = 225 \cdot (1+\beta)^{10}$$

$$P_a = P_{20} \cdot (1+\gamma)^{20} \rightarrow 260 = 236 \cdot (1+\gamma)^{20}$$

Resolviendo las ecuaciones anteriores se obtiene:

$$\beta = 0,014563$$

$$\gamma = 0,0048542$$

Con estos datos se obtiene la tasa de crecimiento para el año horizonte α :

$$\alpha = \frac{(2\beta + \gamma)}{3} = \frac{[(2 \cdot 0,014563) + 0,0048542]}{3}$$

$$\alpha = 0,011326$$

Luego, la población P en t años:

$$P = P_a (1+\alpha)^t$$

En donde $t = 25$ años

Buscamos hallar la población que habrá en 25 años, hallando así la población en 2042:

$$P_{2042} = 260 \cdot (1+0,011326)^{25}$$

Resolviendo la ecuación:

$$P_{2042} = 345 \text{ habitantes.}$$

- **Población estacional**

La población de Nabarniz no se incrementa en verano, al menos de manera significativa, por lo que se considerará la misma población tanto en verano como en las demás épocas del año.

2.3. OTRAS FUENTES DE AGUAS RESIDUALES

➤ Ganadería

Además de la población, otra fuente de aguas residuales en Nabarniz es la ganadería. En la Tabla 2 se muestra el número aproximado de cabezas de ganado según el ayuntamiento de Nabarniz.

Tabla 2: Cabezas de ganado

GRUPO GANADERO	NABARNIZ (cabezas)
Vacas	30
Ovejas	50
Caballos	10
Burros	6

La Directiva 91/271/CEE, del Consejo, de 21 de mayo, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas establece las medidas necesarias que adoptarán los Estados miembros para garantizar que dichas aguas son tratadas correctamente antes de su vertido. El principal criterio que utiliza esta Directiva para fijar estas obligaciones es el número de habitantes-equivalentes.

En dicha directiva se establece que 1 habitante-equivalente tiene una carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO₅) equivalente a 60 gramos de oxígeno por día.

Teniendo en cuenta esta premisa, el vertido de una vaca expresado en DBO₅, aproximadamente de 250 gramos de oxígeno por día, son unos 4 habitantes equivalentes. De igual manera se puede calcular para todo el ganado su equivalencia. A continuación se exponen algunas equivalencias:

Tabla 3: Equivalencias [20]

ANIMAL	EQUIVALENCIA (habitantes-equivalentes)
Vaca	4
Cerdo	3
Oveja	3
Gallinas	2,5
Caballo	3
Burro	3

De este modo, se obtienen los habitantes-equivalentes (h-e) por contaminación ganadera.

Tabla 4: Cálculo habitantes-equivalentes por contaminación ganadera

ANIMAL	NÚMERO	EQUIVALENCIA	h-e (número · equivalencia)
Vaca	30	4	120
Oveja	50	3	150
Caballo	10	3	30
Burro	6	3	18
		SUMA	318

➤ **Industria**

En cuanto a la industria, en Nabarniz, solamente hay una empresa pequeña de construcción y carpintería, y un taller de herrería. Por tanto, se consideran nulos los habitantes equivalentes por contaminación industrial.

2.4. CÁLCULO DE POBLACIÓN EQUIVALENTE

Las unidades empleadas para la determinación de la carga contaminante son los habitantes equivalentes (h-e). Para calcular los habitantes equivalentes se tomará la contaminación producida por los h-e de la población prevista para 2042 + h-e por contaminación Industrial + h-e por contaminación Ganadera.

Haciendo la operación la población equivalente sería:

$$P_{2042} = 345 + 318 + 0 = 663 \text{ habitantes equivalentes}$$

Tabla 5: Resumen habitantes

	Población Actual (hab)	Población Prevista 2042 (hab)	h-e Ganadería (hab)	h-e Industrial (hab)	h-e TOTAL (hab)
NABARNIZ	260	345	318	0	663

ANEJO Nº 3

CÁLCULOS HIDRÁULICOS Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE TRATAMIENTO

ÍNDICE

3.1. HORIZONTE DEL PROYECTO	- 105 -
3.2. CAUDALES DE LA EDAR	- 106 -
3.2.1. CAUDAL MEDIO	- 106 -
3.2.2. CAUDAL PUNTA	- 106 -
3.2.3. CAUDAL MÁXIMO	- 107 -
3.2.4. CAUDAL MÍNIMO	- 107 -
3.3. BASES DEL DISEÑO	- 108 -
3.3.1. CAUDALES	- 108 -
3.3.2. PARÁMETROS CONTAMINANTES	- 108 -
3.4. LÍNEA DE AGUA	- 110 -
3.4.1. OBRA DE LLEGADA Y PRETRATAMIENTO	- 110 -
3.4.2. TRATAMIENTO PRIMARIO	- 116 -
3.4.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO	- 118 -
3.4.4. TRATAMIENTO TERCIARIO	- 124 -
3.4.5. ARQUETA DE AGUA TRATADA	- 126 -
3.5. LÍNEA DE FANGOS	- 127 -
3.5.1. PRODUCCIÓN Y EXTRACCIÓN DE FANGOS	- 127 -
3.5.2. ESPESADO DE FANGOS	- 127 -
3.5.3. DESHIDRATACIÓN DE FANGOS	- 129 -
3.5.4. ALMACENAMIENTO Y GESTIÓN DE FANGOS	- 130 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Caudales de diseño	- 108 -
Tabla 2: Parámetros contaminantes y concentraciones adoptadas para la realización del proyecto.....	- 108 -
Tabla 3: Valores límite para el vertido de cada parámetro	- 109 -
Tabla 4: Dimensiones del desarenador Salher en función de los h-e	- 116 -
Tabla 5: Rendimientos medios de los Tanques Imhoff	- 117 -
Tabla 6: Caudales para el tratamiento secundario	- 119 -
Tabla 7: Rendimientos medios de una instalación de Biodiscos	- 119 -
Tabla 8: Características del efluente al salir de cada tratamiento.....	- 119 -
Tabla 9: Contactores biológicos.....	- 121 -
Tabla 10: Espesadores de fangos	- 129 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema desarenador estático vertical- 116 -

3.1. HORIZONTE DEL PROYECTO

Para el cálculo del caudal que debe tratar la planta se debe tener en cuenta el crecimiento de la población.

Dado que se trata de una obra de considerable envergadura, se dimensionará para su correcto funcionamiento durante los próximos 25 años, es decir, hasta el 2042.

El cálculo sobre el crecimiento de la población se encuentra en el “ANEJO 2: ESTUDIO DEMOGRÁFICO Y POBLACIÓN EQUIVALENTE”.

El funcionamiento de la planta será constante durante todo el año, ya que la población de Nabarniz no sufre cambios notorios durante el año.

3.2. CAUDALES DE LA EDAR

3.2.1. CAUDAL MEDIO

Para poder calcular el caudal medio se tendrá en cuenta el número de habitantes equivalentes y la dotación correspondiente, que es el número de litros de agua que consume un habitante por día.

La dotación en Nabarniz en el año 2017, según el Departamento de Economía y Hacienda del Gobierno Vasco, es de:

$$\text{Dotación} = 138,63 \text{ L/hab}\cdot\text{día}$$

Por otro lado, como queda reflejado en el “ANEJO 2: ESTUDIO DEMOGRÁFICO Y POBLACIÓN EQUIVALENTE”, la población equivalente de Nabarniz en el año 2042 es de:

$$\text{Población equivalente} = 663 \text{ habitantes equivalentes}$$

El caudal medio se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{\text{MEDIO}} = \text{Población equivalente} \times \text{Dotación}$$

$$Q_{\text{MEDIO}} = 663 \text{ hab} \times 138,63 \text{ L/hab}\cdot\text{día} = 91.911,69 \text{ L/día}$$

$$Q_{\text{MEDIO}} = 3.829,65 \text{ L/h} = 1,064 \text{ L/s} = 3,83 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.2.2. CAUDAL PUNTA

El caudal punta es aquel que se registra a determinadas horas de manera puntual y que aumenta de forma considerable la cantidad de agua a tratar por la planta. El caudal punta suele oscilar entre 1,5 y 2,5 veces (Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales) el caudal medio de la planta. En este proyecto se considera que el caudal punta es 2,5 veces superior al caudal medio.

$$Q_{\text{PUNTA}} = Q_{\text{MEDIO}} \times 2,5$$

$$Q_{\text{PUNTA}} = 1,064 \text{ L/s} \times 2,5 = 2,66 \text{ L/s} = 9,576 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.2.3. CAUDAL MÁXIMO

El caudal máximo al que puede trabajar la planta se suele dar durante lluvias prolongadas y se estima entre 3 y 5 veces (Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales) el caudal medio de la planta. En este proyecto se considera un caudal máximo 5 veces superior al caudal medio.

$$Q_{\text{MÁXIMO}} = Q_{\text{MEDIO}} \times 5$$

$$Q_{\text{MÁXIMO}} = 1,064 \text{ L/s} \times 5 = 5,32 \text{ L/s} = 19,152 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.2.4. CAUDAL MÍNIMO

Caudal mínimo necesario para el funcionamiento de la estación de tratamiento. Se considera entre 0,3 y 0,5 veces (Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales) el caudal medio de la planta. Se utiliza la estimación de 0,5.

$$Q_{\text{MÍNIMO}} = Q_{\text{MEDIO}} \times 0,5$$

$$Q_{\text{MÍNIMO}} = 1,064 \text{ L/s} \times 0,5 = 0,532 \text{ L/s} = 1,92 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.3. BASES DEL DISEÑO

3.3.1. CAUDALES

Los caudales de la Tabla 2 servirán para la realización del dimensionamiento de la obra de llegada, pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario que formarán la EDAR. Esto se realiza así ya que al ser una EDAR para una población pequeña se realizará un único aliviadero a la entrada. En el caso de ser para una población mayor se realizarían aliviaderos previos a todos los tratamientos, lo que cambiarían los caudales a utilizar en cada uno de ellos.

Tabla 1: Caudales de diseño

CAUDALES	ADOPTADOS
$Q_{\text{medio}} \text{ (m}^3\text{/h)}$	3,83
$Q_{\text{punta}} \text{ (m}^3\text{/h)}$	9,576
$Q_{\text{máximo}} \text{ (m}^3\text{/h)}$	19,152
$Q_{\text{mínimo}} \text{ (m}^3\text{/h)}$	1,92

3.3.2. PARÁMETROS CONTAMINANTES

La EDAR de Nabarniz deberá reducir las concentraciones de los distintos contaminantes que se encuentran en las aguas residuales de Nabarniz. Considerando que Nabarniz se trata de una población de ámbito rural, se usarán unas concentraciones promedio de las aguas residuales domésticas en poblaciones de ámbito rural facilitadas por el Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente que son las presentes en la Tabla 4.

Tabla 2: Parámetros contaminantes y concentraciones adoptadas para la realización del proyecto [29]

PARÁMETRO	ADOPTADAS
$\text{DBO}_5 \text{ (mg/L)}$	300
DQO (mg/L)	625
SS (mg/L)	450
NTK (mg/L)	60
P (mg/L)	15

Tratando las aguas residuales en la EDAR diseñada en este proyecto se deberá llegar a las concentraciones que la directiva marca como aptas para el posterior vertido a un

cauce receptor. La Tabla 4 muestra aquellos valores límite de la normativa actual para cada parámetro.

Tabla 3: Valores límite para el vertido de cada parámetro [26]

PARÁMETRO	VALOR LÍMITE MÁXIMO
DQO (mg/L)	125
DBO₅ (mg/L)	25
SS (mg/L)	35
NTK (mg/L)	15
P (mg/L)	2

3.4. LÍNEA DE AGUA

Como queda reflejado en el apartado “5. Descripción del proyecto” de la Memoria Descriptiva, la línea de agua constará de los siguientes elementos:

- Obra de llegada.
- Pretratamiento formado por un desbaste, rejas de limpieza automática de finos y gruesos, y un desarenador estático.
- Tratamiento primario formado por dos Tanques Imhoff instalados en paralelo.
- Tratamiento biológico formado por tres Contactores Biológicos Rotativos o Biodiscos.
- Decantación Secundaria.
- Tratamiento terciario en el que se tratan las aguas mediante radiación ultravioleta.

3.4.1. OBRA DE LLEGADA Y PRETRATAMIENTO

➤ Datos previos al diseño

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

- Caudal medio de las aguas a tratar, Q_{med} (m^3/h). En este caso, $3,83 m^3/h$.
- Caudal máximo de las aguas a tratar, Q_{max} (m^3/h). En este caso, $19,152 m^3/h$.

➤ Métodos de diseño

Diseño del vertedero de la obra de llegada

Dicho vertedero debe cumplir 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 será realizado 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:

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

Siendo:

Q: Caudal vertido por el aliviadero (m^3/s).

μ : Coeficiente de caudal de vertedero (adimensional).

L: Longitud del vertedero (m).

h: Altura de lámina de agua sobre el vertedero (m).

g: Aceleración de la gravedad (m/s^2)

En este caso, al ser una depuradora pequeña, se caracteriza por su simplicidad de ejecución y se empleará, por tanto, un vertedero rectangular de pared delgada.

Según el Manual de Depuración Uralita, en pequeñas plantas es suficiente colocar un único aliviadero a la entrada de coeficiente de dilución de 2 a 3.

En este caso, el coeficiente será 2 para que el caudal vertido por el aliviadero sea mayor y poder hallar la longitud de vertedero más grande posible. Realizando la siguiente operación, llegamos a un caudal de valor:

$$Q = Q_{\max} - 2 \times Q_{\text{med}} = 5,32 \times 10^{-3} - (2 \times 1,064 \times 10^{-3}) = 3,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

El coeficiente de caudal (μ) puede calcularse mediante la fórmula de Bazín (Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales).

$$\frac{2}{3} \times \mu = \left(0,405 + \frac{0,003}{h} \right) \times \left[1 + 0,55 \times \frac{h^2}{(h + P)^2} \right]$$

Esta fórmula es utilizable para alturas de lámina h comprendidas entre 0,10 y 0,60 m y un calado del vertedero (P) entre 0,20 y 2,00 m.

Utilizando la fórmula de Bazin, se hallará el coeficiente de caudal (μ). Para ello también hay que tener en cuenta las condiciones de aplicación anteriormente comentadas, por lo que se adoptarán los valores mínimos para hallar la mayor longitud posible, $P = 0,20 \text{ m}$ y $h = 0,10 \text{ m}$.

$$\frac{2}{3} \times \mu = \left(0,405 + \frac{0,003}{0,10} \right) \times \left[1 + 0,55 \times \frac{0,10^2}{(0,10 + 0,20)^2} \right]$$

$$\frac{2}{3} \times \mu = (0,435) \times (1,061)$$

$$\mu = 0,692375$$

Se despeja L de la fórmula:

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

$$L = \frac{Q}{\frac{2}{3} \times \mu \times h \times \sqrt{2 \times g \times h}} = \frac{3,2 \times 10^{-3}}{\frac{2}{3} \times 0,692375 \times 0,10 \times \sqrt{2 \times 9,8 \times 0,10}}$$

$$L = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

Como se puede apreciar, la longitud de vertedero es muy pequeña (5 cm) por lo que se optará por una arqueta con un margen de seguridad y provista de bypass como solución al problema.

El depósito de almacenamiento de agua de entrada se ha dimensionado para un tiempo de retención T_r a caudal máximo en torno a 0,5 horas.

$$T_r(h) = \frac{V}{Q_{max}}$$

Donde:

V: Volumen del depósito de almacenamiento de agua tratada (m^3).

Q_{max} : Caudal máximo por hora de diseño (m^3/h).

T_r : Tiempo de retención hidráulico a caudal medio (h).

Despejando el volumen en la fórmula anterior, y considerando la situación de funcionamiento más favorable (situación futura), se consigue un valor de referencia de:

$$\text{Volumen necesario de depósito (a } Q_{max}) = 0,5 \text{ h} \times 19,152 \text{ m}^3/\text{h} = 9,576 \text{ m}^3$$

Tomando como base las condiciones de diseño anteriormente expuestas, se decide adoptar las dimensiones siguientes:

Anchura: 2,6 m

Longitud: 2,6 m

Altura : 1,5 m

Volumen útil adoptado: 10,14 m³

Diseño del desbaste

Para el dimensionamiento del desbaste es muy importante tener en cuenta la velocidad del agua en el canal. Ésta debe ser $\geq 0,4$ m/s a caudal mínimo y $\geq 0,9$ m/s a caudal máximo, para evitar que decanten las arenas en el fondo del canal.

Por otro lado, la velocidad de paso a través de la reja es otro aspecto importante a tener en cuenta, ya que debe ser la suficiente para que los sólidos se apliquen sobre la reja, pero sin que se produzca excesiva pérdida de carga ni atascamientos en la parte profunda de los barrotes. Para ello, normalmente se adopta una velocidad de paso a través de la reja $\leq 1,0$ m/s a caudal medio y $\leq 1,4$ m/s a caudal máximo (Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones).

El desbaste estará formado, primero, por una reja de gruesos de limpieza automática y, segundo, por una reja de finos de limpieza automática.

Los espesores de las rejillas de desbaste oscilarán entre 6 y 12 mm, en el caso de las rejillas de finos, y entre 12 y 25 mm cuando se trate de rejillas de gruesos.

Estos elementos metálicos del pretratamiento, rejillas de desbaste, sistemas de limpieza de las rejillas, etc., deben ejecutarse en acero inoxidable, preferentemente en acero AISI 316.

El ancho del canal y su calado se determinan por las siguientes expresiones (CEDEX, 2007a):

$$\text{Ancho (W)} = \frac{Q_{\max}}{v \times D} \times \left(\frac{a + s}{s} \right) + C_{rej}$$

W: Ancho del canal de rejillas (m).

Q_{max}: Caudal máximo que pasa (m³/s).

v: Velocidad de paso del agua en rejillas (m/s).

D: Nivel aguas arriba de la rejilla a caudal máximo (m).

a: Ancho de barrotos (m).

s: Separación libre entre barrotos (m).

C_{rej} : Coeficiente de seguridad (m), adoptándose los siguientes valores:

- Rejillas finas: 0,10 m.
- Rejillas gruesas: 0,30 m.

$$\text{Calado del canal (h)} = \frac{Q_{max}}{V_c} \times \frac{1}{W}$$

Q_{max} : Caudal máximo que pasa (m^3/s).

V_c : Velocidad del agua en el canal a caudal máximo (m/s).

W: Ancho del canal de rejillas (m).

Estas expresiones son útiles para el dimensionamiento del desbaste en depuradoras medianas y grandes. Cuando se utilizan para poblaciones menores de 2.000 h-e, cuyos caudales son de escasa cuantía y muy variables, las dimensiones obtenidas (ancho y calado) son tan pequeñas que hacen imposible conseguir equipos de ese tamaño, haciendo inviable su limpieza y mantenimiento.

Por ello, se recomienda fijar un valor mínimo para estos parámetros en función de la tipología de la reja o tamiz a instalar y, posteriormente, comprobar que no se superan las velocidades máximas permitidas de paso a través de la reja, y que las dimensiones del canal tienen suficiente capacidad hidráulica para los caudales máximos de diseño.

Se consideran como valores mínimos:

$$\text{Anchura del canal (W)} \geq 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Altura del agua en el canal (h)} \geq 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Tiempo de retención (a caudal máximo)} \geq 5 \text{ minutos}$$

En este caso, es muy complicado cumplir los límites que se exigen a la velocidad del agua en el canal obteniéndose velocidades menores. La solución será un pequeño bombeo a la entrada al canal de desbaste. Dicho bombeo tendrá las siguientes características:

- El bombeo se realizará mediante bombas sumergibles instaladas en cámara seca.
- Cada bomba llevará su variador de velocidad, que estará comandado por una sonda de nivel, de medida en continuo, tipo radar, necesario para regular adecuadamente todo el rango de caudales posibles.
- El conjunto de bombas estará formado por cuatro bombas que puedan bombear caudales de hasta 5 m³/h cada una. Así, en caso de que sea necesario bombear el caudal máximo (19,152 m³/h) se pondrán en marcha las 4 bombas, para caudal punta (9,576 m³/h) dos de ellas y en caso de caudal medio (3,83 m³/h) o caudal mínimo (1,92 m³/h) con un será más que suficiente.

Las características de las rejillas de gruesos son las siguientes:

- N° de barras: 10 barras.
- Espesor de las barras: 14 mm.
- Separación entre barras: 10 mm.

Por otro lado, las características de las rejillas de finos serán:

- N° de barras: 15 barras.
- Espesor de las barras: 6 mm.
- Separación entre barras: 10 mm.

Diseño del desarenador estático

Para la elección del desarenador estático se ha utilizado el catálogo de la marca Salher, el cual permite saber las dimensiones del desarenador que se necesitará en función de los habitantes equivalentes, que en este caso serían 663 h-e, como queda reflejado en el “ANEJO 2: ESTUDIO DEMOGRÁFICO Y POBLACIÓN EQUIVALENTE”.

Dentro de los diferentes tipos de desarenadores que ofrece la marca, se ha elegido un desarenador estático vertical, cuyas dimensiones serán las mostradas a continuación en la Figura 2 y Tabla 5

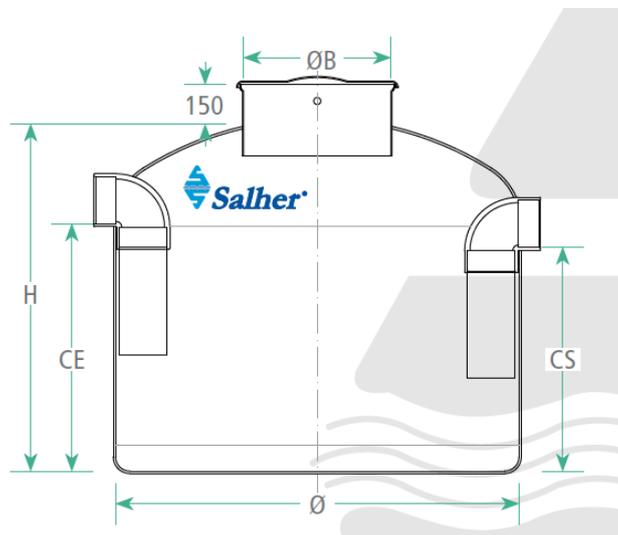


Figura 1: Esquema desarenador estático vertical [25]

Tabla 4: Dimensiones del desarenador Salher en función de los h-e [25]

TN	HAB/ EQV	CAPACIDAD [LITROS]	Ø [MM]	H [MM]	Ø BOCA [MM]	Ø TUBERÍA [MM]	CE [MM]	CS [MM]
0,75	≤ 5	250	750	650	400	125	450	400
1,5	6 A 10	500	1.000	750	400	125	470	420
2	11 A 25	750	1.000	1.070	400	125	850	800
3	26 A 49	1.000	1.000	1.320	400	125	1.100	1.050
4,5	50 A 99	1.500	1.400	1.200	400	125	850	800
6	100 A 149	2.000	1.400	1.440	500	125	1.100	1.050
9	150 A 199	3.000	1.700	1.490	620	160	1.050	950
12	200 A 299	4.000	1.700	1.930	620	160	1.480	1.380
15	300 A 399	5.000	2.000	1.800	620	200	1.550	1.450
18	400 A 499	6.000	2.000	2.110	620	200	1.580	1.480
21	500 A 599	7.000	2.000	2.430	620	200	1.900	1.800
25	600 A 699	8.000	2.000	2.750	620	200	2.210	2.100
27	700 A 799	9.000	2.500	2.080	620	200	1.430	1.330
30	800 A 899	10.000	2.500	2.280	620	250	1.630	1.530
35	900 A 1.000	11.100	2.500	2.490	620	315	1.900	1.700

3.4.2. TRATAMIENTO PRIMARIO

El tratamiento primario está formado únicamente por un Tanque Imhoff y para realizar su diseño y dimensionamiento hay que realizar los siguientes pasos:

1. Datos previos para el diseño.

Para el diseño de los Tanques Imhoff se precisa conocer:

- Caudal medio de las aguas a tratar (Q_{med} , m^3/h). En este caso, $3,83 m^3/h$.
- Caudal máximo de las aguas a tratar (Q_{max} , m^3/h) para el dimensionamiento del canal de desbaste y de la zona de decantación del tanque. En este caso, $19,152 m^3/h$.
- Población equivalente a tratar (h-e), para el dimensionamiento de la zona de digestión del tanque. Calculada en base al caudal medio y a la concentración (DBO_5) de las aguas a tratar.

2. Rendimientos de depuración característica.

Los rendimientos medios de depuración que se alcanzan con la aplicación de Tanques Imhoff se muestran en la Tabla 6

Tabla 5: Rendimientos medios de los Tanques Imhoff [27]

PARÁMETRO	% REDUCCIÓN	% ADOPTADO
SS	50-60	55
DBO_5	20-30	25
DQO	20-30	25

Adoptando los porcentajes de la Tabla 6, los parámetros contaminantes a tratar serían:

$$DBO_5 = 225 \text{ mg/L}$$

$$SS = 202,5 \text{ mg/L}$$

$$DQO = 468,75 \text{ mg/L}$$

3. Rango de aplicación.

La capacidad máxima de diseño de los Tanques Imhoff suele estar en torno a los 500 h-e, debido a limitaciones constructivas, aunque pueden instalarse varias unidades en paralelo, pudiendo ser empleados en todo el rango de población por debajo de los 1.000 h-e.

En este caso, se realizará la segunda de las opciones, colocando dos Tanques Imhoff en paralelo para poder ser utilizados para la población equivalente calculada, 663 h-e.

4. Estimación de la superficie requerida para la implantación.

Para hallar la superficie necesaria se sabe que para una población equivalente de 500 h-e la superficie será de $0,3 \text{ m}^2/\text{h-e}$

$$0,3 \frac{\text{m}^2}{\text{he}} \times 500 \text{ he} = 150 \text{ m}^2$$

Al disponer de dos Tanques Imhoff en paralelo, la superficie será el doble.

Superficie requerida: 300 m^2

5. Producción de fangos.

Los fangos y flotantes que se van acumulando en el interior de los Tanques Imhoff precisan ser extraídos periódicamente, para que el volumen útil de los mismos no se vea disminuido en exceso. La generación de fangos en los Tanques Imhoff se estima en unos $150\text{-}200 \text{ L/h-e} \cdot \text{año}$.

La periodicidad de extracción de fangos será cada 15 días.

Considerando que se genera el máximo fango posible, la cantidad de fango extraído sería:

$$200 \frac{\text{L}}{\text{he} \cdot \text{año}} \times 663 \text{ he} = 132.600 \frac{\text{L}}{\text{año}}$$

3.4.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario está formado por Contactores Biológicos Rotativos o Biodiscos, y por un Decantador Secundario.

Diseño de biodiscos

Para el diseño de los Biodiscos se tendrán en cuenta los datos de diseño de la Tabla 9 y 10.

Los rendimientos exigidos al tratamiento primario serán de:

- SS → 55% de eliminación.

- DBO₅ → 25% de eliminación.
- DQO → 25% de eliminación.

Tabla 6: Caudales para el tratamiento secundario

Q _{medio} (m ³ /h)	3,83
Q _{punta} (m ³ /h)	9,576
Q _{máximo} (m ³ /h)	19,152
Q _{mínimo} (m ³ /h)	1,92

Los rendimientos del tratamiento secundario mediante Biodiscos se muestran en la Tabla 8

Tabla 7: Rendimientos medios de una instalación de Biodiscos [27]

PARÁMETRO	% REDUCCIÓN	% ADOPTADO
SS	85-95	90
DBO ₅	85-95	90
DQO	80-90	85
N	20-35	27,5
P	10-35	22,5

Por tanto, las características del efluente al final de cada tratamiento serían los mostrados en la Tabla 9.

Tabla 8: Características del efluente al salir de cada tratamiento

PARÁMETRO	INICIALES	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRATAMIENTO SECUNDARIO
DBO ₅ (mg/L)	300	225	22,5
DQO (mg/L)	625	468,75	70,3125
SS (mg/L)	450	202,5	20,25
NTK (mg/L)	60	60	43,5
P (mg/L)	15	15	11,625

1. Cálculo de la DBO₅ soluble a la entrada del Biodisco.

$$S_0 = \text{DBO soluble (e)} = \text{DBO}_5 \text{ total} - K \times \text{S.S.}$$

Al ser un tratamiento de efluentes primarios (Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales):

$$K = 0,6$$

$$S_0 = 225 - 0,6 \times 202,5 = 103,5 \text{ mg/L}$$

2. Cálculo de la DBO₅ soluble a la salida del Biodisco.

$$S = \text{DBO soluble (s)} = \text{DBO}_5 \text{ total} - K \times S.S.$$

En este caso, como se trata de un tratamiento secundario el valor de K será (Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales):

$$K = 0,5$$

$$S = 22,5 - 0,5 \times 20,25 = 12,375 \text{ mg/L}$$

3. Cálculo del sustrato específico consumido R_c (g/m²·día).

Para calcular R_c se utiliza la ecuación de MONOD (Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales).

$$R_c = \frac{19,4 \times S}{15,1 + S} = \frac{19,4 \times 12,375}{15,1 + 12,375} = 8,74 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}$$

4. Cálculo de la superficie necesaria.

$$A = \frac{Q \times (S_0 - S) \times T_c \times P}{R_c}$$

A: Superficie rotores (m²).

Q: Caudal de proyecto (m³/día).

S: Concentración sustrato salida (mg/L).

S₀: Concentración sustrato entrada (mg/L).

T_c: Coeficiente de temperatura.

P: Coeficiente f (estado aireación).

- Factor de corrección de la temperatura T_c:

La temperatura media de Nabarniz es 12,3°C. Para temperaturas inferiores a 12,7°C se utiliza la siguiente fórmula (Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales)

$$T_c = 1,0537^{(12,7-T)} = 1,0537^{(12,7-12,3)} = 1,02$$

De lo contrario, $T_c = 1$ para temperaturas iguales o superiores a 12,7°C.

- Factor de corrección del grado de preaireación P:

Como se trata de aguas pretratadas anaeróbicamente, $P = 1,5$.

La superficie necesaria será por tanto:

$$Q_{\text{max.diseño}} = 19,152 \times 24 = 459,65 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$A = \frac{459,65 \times (103,5 - 12,375)}{8,74} \times 1,02 \times 1,5 = 7.332,4 \text{ m}^2$$

Esta sería la superficie necesaria para el tratamiento por Biodiscos.

Tras el cálculo de la superficie necesaria para llevar a cabo el tratamiento biológico, se ha realizado una búsqueda de empresas de venta e instalación de Contactores Biológicos Rotativos o Biodiscos capaces de aportar una solución a este requisito y Filtramas S.A. ha sido la elegida para el dimensionamiento de los mismos.

En la Tabla 10 se muestran las características de los Biodiscos de Filtramas S.A.

Tabla 9: Contactores biológicos [19]

MODELO:	B36218	B36410	B36411	B36412	B36413	B36414	B36415	B36416	B36417	B36418
Sup.contacto(m ²)	4842	5380	5918	6456	6994	7532	8070	8608	9146	9684
Netapas	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Long.tanque(mm) L	3700	4500	4800	5200	5500	5900	6200	6500	6900	7200
LT1 (mm)	1920	2223	2382	2566	2725	2909	3068	3227	3411	3570
LT2 (mm)		1175	1241	1357	1423	1539	1605	1671	1787	1853
LT3 (mm)		1103	1178	1278	1353	1453	1528	1603	1703	1778
E (mm)	166	175	157	189	171	203	185	167	199	181
Long.tanque(Serie T)	3550	4110	4450	4790	5120	5460	5790	6130	6470	6800
POTENCIA (Kw)	3	3	3	4	4	4	4	4	5,5	5,5
peso en carga (kg)	24000	27000	30000	33000	36000	40000	43000	46000	49000	52000

Para la elección, es conveniente tener en cuenta el número de tanques y el precio que supone cada uno de ellos, así como el consumo eléctrico. Para el área del que se dispone, las dos opciones que se van a considerar serán:

1. Poner un tanque modelo B36414
2. Poner dos tanques modelo B36218

Las principales ventajas de la primera opción van a ser el ahorro de coste al instalar menor número de bloques, y una menor necesidad de control y de movimiento de tierras, así como una menor superficie de terreno necesaria para su emplazamiento.

Sin embargo, la segunda opción plantearía la ventaja de un menor consumo si se diera el caso de que en los meses de verano la población aumentaría. De ser así, durante la otra parte del año, no sería necesario poner en funcionamiento los dos Biodiscos, teniendo así un ahorro de energía durante la mayor parte del año.

En conclusión, se escogerá la primera opción. Valorando el ahorro de coste al instalar un menor número de bloques y una menor superficie de terreno necesaria para su instalación.

Diseño del decantador secundario

Tras la formación de flóculos sedimentables en el reactor biológico, será necesario separarlos del agua, que tras ese proceso podrá ser conducida al tratamiento terciario. Dicha separación se realizará en un decantador secundario o clarificador, que deberá cumplir unas características mínimas de altura y superficie para adecuarse al caudal, a la velocidad ascensional, y al tiempo de retención del licor mezcla del que se dispone.

Lo primero que se va a tener en cuenta es la velocidad ascensional. La decantación posterior a los reactores biológicos requiere unas velocidades ascensionales inferiores a la velocidad de caída de los flóculos formados.

Para las aguas procedentes de biodiscos, no conviene pasar de $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$, considerando el caudal punta en el cálculo.

Un decantador se diseña en base a la superficie del mismo, y a su volumen, lo que condiciona su altura. Para el dimensionado de este decantador secundario se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = V_i = \frac{(SS)}{(SS) + 0,034 \times (SS)_i}$$

Siendo:

V : Velocidad ascensional en el clarificador ($m^3/m^2 \cdot h$).

(SS) : Concentración de sólidos en suspensión admitidos en el vertido (mg/L).

$(SS)_i$: Concentración de sólidos en suspensión en la entrada al decantador (mg/L).

V_i : Velocidad de sedimentación a caudal punta.

Para el cálculo de $(SS)_i$, hay que tener en cuenta los sólidos en suspensión del influente, a los que habrá que sumarle la DBO_5 que los biodiscos consiguen flocular.

Por tanto, haciendo una estimación del lado de la seguridad, se obtiene un valor de:

$$(SS)_i = 202,5 + (225 - 22,5) = 405 \frac{mg}{L}$$

$$V = V_i = \frac{35}{35 + 0,034 \times 405} = 0,72 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}$$

La superficie del decantador viene dada por:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{19,152 \frac{m^3}{h}}{0,72 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}} = 26,6 m^2$$

Siendo:

A : Superficie del decantador (m^2).

Q : Caudal máximo de proyecto (m^3/h).

Ahora se debe calcular el volumen necesario para dimensionar la altura del decantador o decantadores. Cabe destacar que los decantadores serán circulares y la superficie y la altura serán de la parte cilíndrica, tratándose la troncocónica aparte.

El volumen se calcula en función del caudal máximo y del tiempo de retención del licor mezcla en el clarificador:

$$V = Q_{\max} \times t_{\text{ret}}$$

Teniendo en cuenta que $Q_{\max} = 19,152 \text{ m}^3/\text{h}$, y sabiendo que un t_{ret} adecuado es 4 h, el volumen del decantador secundario es:

$$V = 76,608 \text{ m}^3$$

Teniendo la superficie y el volumen, se procede a calcular la altura con la hipótesis de la existencia de un solo clarificador.

$$V = A \times H$$

El decantador escogido será circular, de flujo horizontal.

Con los datos de volumen y superficie obtenidos, se obtiene una altura $H = 2,88 \text{ m}$. La altura no es recomendable que exceda de 3,5 m, por tanto la altura del decantador es adecuada y el decantador tendrá las siguientes dimensiones:

$$A = 26,6 \text{ m}^2 \approx 30 \text{ m}^2$$

$$H = 2,88 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

La cantidad de lodos producidos puede determinarse por la ecuación:

$$P_x = \frac{Q \times (SS)_i}{1.000} \times \left(\frac{1 - 0,034 \times V}{1,9 - V} \right) = \frac{91,92 \times 405}{1.000} \times \left(\frac{1 - 0,034 \times 0,72}{1,9 - 0,72} \right)$$

$$P_x = 30,7765 \text{ kg/día}$$

Siendo:

P_x : Lodos a extraer del decantador (kg/día).

Q : Caudal medio diario ($\text{m}^3/\text{día}$).

V : Velocidad ascensional en el decantador ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$).

3.4.4. TRATAMIENTO TERCIARIO

Para la realización del Tratamiento Terciario se ha estudiado cada una de las opciones del catálogo del fabricante Trojan UV, y se ha optado por la opción de usar el modelo TrojanUVFit.

Se ha optado por esta opción porque se trata de un sistema que, además de higienizar el agua de una manera eficaz, ocupa poco espacio que es una de las premisas más importantes que se les ha exigido a cada uno de los sistemas a instalar en la EDAR de Nabarniz.

Características del sistema:

1. Número de lámparas: 4 a 144 lámparas por reactor.
2. Tipo de lámpara: Amalgama de baja presión, alta eficacia y alto rendimiento.
3. Limpieza de las fundas: Sistema automático de limpieza (Opcional limpieza química, no en línea).
4. Reactancia: Electrónica, salida constante (100% de potencia). Electrónica, salida variable (60 a 100% de potencia).

Cámara del reactor:

1. Materiales de construcción: Acero inoxidable 316L.
2. Tamaño de las bridas (ANSI/DIN): 6 pulgadas (150 mm) a 20 pulgadas (500 mm).
3. Orientación de las bridas de salida: 3, 6, 9 ó 12 horas de la posición del reloj.

Centro de distribución de potencia:

1. Suministro eléctrico: Disponible en varias opciones.
2. Materiales de construcción disponibles: Acero al carbono pintado y Acero inoxidable 304.
3. Clasificación de los paneles: NEMA 12, NEMA 3R y NEMA 4X.

Centro de control del sistema:

1. Controlador: Microprocesador, Base PLC.
2. Salidas típicas suministradas: Estado del reactor, alarmas comunes y comunicaciones con SCADA (otras disponibles).

3.4.5. ARQUETA DE AGUA TRATADA

Se colocará una arqueta de agua tratada para tener un punto fácil para poder hacer alguna toma de muestras de lo que se va a verter al cauce.

El depósito de almacenamiento de agua tratada se ha dimensionado para un tiempo de retención T_r a caudal máximo en torno a 0,5 horas.

$$T_r(h) = \frac{V}{Q_{max}}$$

Donde:

V: Volumen del depósito de almacenamiento de agua tratada (m^3).

Q_{max} : Caudal máximo por hora de diseño (m^3/h).

T_r : Tiempo de retención hidráulico a caudal medio (h).

Despejando el volumen en la fórmula anterior, y considerando la situación de funcionamiento más favorable (situación futura), se consigue un valor de referencia de:

$$\text{Volumen necesario de depósito (a } Q_{max}) = 0,5 \text{ h} \times 19,152 \text{ m}^3/\text{h} = 9,576 \text{ m}^3$$

Tomando como base las condiciones de diseño anteriormente expuestas, se decide adoptar las dimensiones siguientes:

Anchura: 2,2 m

Longitud: 2,2 m

Altura de agua: 2 m

Resguardo: 0,5 m

Volumen útil adoptado: 9,68 m^3

La arqueta de agua tratada se podrá aislar mediante una compuerta mural de accionamiento manual que ayudará a regular el paso de agua cuando sea necesario.

3.5. LÍNEA DE FANGOS

3.5.1. PRODUCCIÓN Y EXTRACCIÓN DE FANGOS

Durante el proceso de depuración, se extraen una cantidad de fangos en el tratamiento primario y secundario, exactamente en los Tanques Imhoff y el Decantador Secundario.

$$\text{Fangos Tanques Imhoff} = 132.600 \text{ L/año}$$

$$\text{Fangos Decantador Secundario} = 30,7765 \text{ kg/día}$$

Para poder calcular el total de fangos se pasarán los fangos de los Tanques Imhoff a kg/día. Para ello, teniendo en cuenta que el contenido en agua de los fangos primarios es superior al 95%, se utilizará la densidad del agua para la conversión:

$$132.600 \frac{\text{L}}{\text{año}} \times \frac{\text{año}}{365 \text{ día}} \times \frac{\text{m}^3}{1.000 \text{ L}} \times \frac{997 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 362,2 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Por tanto, sumando las dos cantidades, la cantidad resultante de fangos producidos (F) es de:

$$F = 30,7765 \frac{\text{kg}}{\text{día}} + 362,2 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 392,97 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \approx 393 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Esta cantidad se obtiene para Q_{med} , ya que al ser una cantidad orientativa diaria no tiene sentido calcularla para el Q_{punta} . Esta cantidad de fangos calculada es en condiciones de un 100% de concentración (sin agua intersticial), pero la extracción del mismo del clarificador se lleva a cabo con una concentración estimada del 2% (es la habitual en fangos procedentes de biodiscos) mediante una bomba.

3.5.2. ESPESADO DE FANGOS

Tras el proceso de extracción de fangos, es interesante reducir el volumen para gestionarlo y tratarlo de una manera más sencilla y rentable.

Los espesadores por gravedad se dimensionan en función de la carga de sólidos.

Los valores típicos de carga de sólidos son 34-49 kg/m²·d.

La carga hidráulica tendrá el valor límite, $0,90 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, al tratarse de fangos mixtos, y el tiempo de retención no será menor de 24 horas.

La superficie del espesador se calcula con la siguiente expresión:

$$S = \frac{Q_f}{24 \times C_h}$$

Siendo:

S: Superficie mínima del espesador (m^2)

Q_f : Caudal de fangos que entran en el espesador (m^3/d)

C_h : Carga hidráulica ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)

La variable a calcular en este caso es el caudal de fangos de entrada al espesador, que es igual a los fangos obtenidos a partir del clarificador, sabiendo que salen $393 \text{ kg}/\text{día}$ (en materia seca). Por tanto, con una concentración del 2%, se obtiene una cantidad de

$$393/0,02 = 19.650 \text{ kg de fangos}$$

Los fangos con una concentración tan baja se puede considerar que tienen una $\rho = 1 \text{ g}/\text{cm}^3$, con lo que se obtienen $19,65 \text{ m}^3/\text{día}$.

Con este valor, y entrando en la expresión anteriormente citada, se obtiene que la superficie mínima es de aproximadamente $0,91 \text{ m}^2$.

Asimismo, el volumen se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{V_f \times T_f}{24}$$

Siendo:

V: Volumen espesador (m^3)

V_f : Volumen de fangos a espesar (m^3)

T_f : Tiempo de retención (h)

Al contar con un T_r de 24 horas, el volumen coincidirá con el de fangos a espesar, en esta caso será $19,65 \text{ m}^3/\text{día}$.

El volumen es el producto de la superficie por la altura, pero no es admisible una superficie que suponga la necesidad de una altura de cilindro superior a 2,5 metros. En este caso, se va a elegir un modelo prefabricado disponible para ser enterrado, con tubería de PVC de entrada y de salida de un diámetro de 125 mm, abierto en la parte superior y con la carcasa fabricada a partir de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), material suficientemente resistente para la labor y las condiciones exigidas.

En la Tabla 11 se muestran las posibles elecciones y sus características.

Tabla 10: Espesadores de fangos [19]

REF: PID	Ø Superior (mm)	H- Altura Final (mm)	H1 Altura cilindro (mm)	H2 Altura cono (mm)	Ø d-3 (mm)	Ángulo cono (grados)	Volumen (l)	Ø Tubería Entrada/Salida (mm)
DCT-AE -5	2000	2300	1300	1000	500	60	5.000	125
DCT-AE -10	2500	2850	1600	1250	620	60	10.000	160
DCT-AE -15	2500	3900	2650	1250	620	60	15.000	160
DCT-AE -20	3000	3500	2000	1500	700	60	20.000	200
DCT-AE -25	3000	4150	3000	1500	700	60	25.000	200
DCT-AE -30	3500	4500	3000	1500	700	60	31.000	200

El modelo será el enterrado, y no se necesitará ejecutar una cimentación para el mismo.

En este caso, tras pasar por el espesador, la concentración de los lodos pasará a ser del orden del 4%, implicando que aproximadamente la mitad de producto procedente de la poceta de fangos (el agua extraída de los fangos del espesador) será recirculada hacia el pozo de gruesos. El excedente se recogerá mediante un canal perimetral Thompson en el espesador y será conducido mediante bombeo a través de una tubería. Los fangos obtenidos serán dirigidos hacia la máquina centrífuga mediante una tubería de diámetro 125 mm.

3.5.3. DESHIDRATACIÓN DE FANGOS

Tras el paso por el espesador, y con una concentración del 4% el fango será introducido en el centrifugador mediante una tubería de diámetro 125 mm. A la salida del centrifugador, el fango tendrá una concentración del 30%, y tendrá una consistencia pastosa. Nuevamente el agua sobrante se conducirá hasta el pozo de gruesos, mientras que el fango se introducirá mediante una cinta transportadora en un silo.

3.5.4. ALMACENAMIENTO Y GESTIÓN DE FANGOS

El almacenamiento de los fangos se realizará en un silo con forma de tronco de pirámide, con la base mayor cuadrada de 4 metros de lado, y una salida también cuadrada de 1 metro de diámetro. La altura de este tramo es de 2,6 metros, y el volumen a utilizar es de unos 18 m³, con lo que tendrá capacidad de almacenamiento para 15 días. Por arriba entronca una tubería procedente del centrifugador, que mandará los fangos por bombeo. Además, posee una cubierta para evitar que los agentes externos como la lluvia o la nieve humedezcan el fango, y para evitar también la salida de los olores producidos por el mismo.

El vertido se realizará por gravedad, ayudada por aire y agua a presión si la salida es costosa. Se realizará mediante la apertura de una válvula existente y la puesta en funcionamiento de los mecanismos de ayuda presentes en el propio silo. El transporte se realizará mediante un camión bañera del volumen pertinente preparado para este tipo de trabajos (con la bañera impermeabilizada e inocua), ya que la consistencia de las “tortas” generadas permite transportarlas sin necesidad de camión cisterna.

La cantidad media de fangos al 30% de concentración se estima en 1,32 m³/día por lo que la recogida de los mismos habrá de efectuarse cada 10-15 días, aunque será una frecuencia que dependerá del acuerdo con el gestor de fangos y de las necesidades de la planta y el estado del material.

ANEJO Nº 4

EXPROPIACIONES

ÍNDICE

4.1. EXPROPIACIONES	- 139 -
4.1.1. DEFINICIÓN	- 139 -
4.1.2. RELACIÓN DE EXPROPIACIONES	- 140 -
4.2. LOCALIZACIÓN	- 141 -
4.3. RELACIÓN DE EXPROPIACIONES	- 142 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Delimitación de las parcelas donde estará la EDAR en el barrio de Merika - 141 -

Figura 2: Área exacta ocupada por la EDAR..... - 141 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipo de afección	- 142 -
Tabla 2: Precio del terreno expropiado	- 142 -
Tabla 3: Precio del terreno expropiado	- 142 -
Tabla 4: Precio del terreno expropiado	- 142 -
Tabla 5: Cálculos de los costes de expropiación, servidumbre y ocupación temporal.....	- 143 -

4.1. EXPROPIACIONES

En este apartado se verán los bienes que van a ser objeto de expropiación debido a la construcción de la depuradora de aguas residuales. Para ello se va a hacer una lista con las parcelas afectadas y las superficies que van a ser afectadas, así como el uso a que están dedicadas en la actualidad ya que de ello depende el precio de expropiación.

Todo ello conlleva un coste que es necesario conocer para añadir al presupuesto total.

4.1.1. DEFINICIÓN

Para poder definir el grado de ocupación de las parcelas afectadas se debe diferenciar si son ocupadas temporalmente, se van a usar como servidumbre de paso o van a ser expropiadas.

- Expropiación: se expropia plenamente los terrenos en los que se vayan a ubicar los dispositivos que constituyen el conjunto de la EDAR, así como las pequeñas obras de fábrica que se realicen en el exterior de la parcela y del camino de acceso.
- Servidumbre de paso: se define ésta como la superficie que podrá ser utilizada por la propiedad, pero en la que no podrá edificar ni colocar elemento alguno que tenga carácter definitivo que impida realizar los servicios de conservación y mantenimiento de la obra ejecutada.

Se establecerá servidumbre perpetua de paso, en aquellos terrenos que puedan quedar afectados por desvío de servicios subterráneos y/o aéreos y en cambio no hayan sido expropiados.

- Ocupación temporal: se define esta zona como la superficie de terreno que es necesaria ocupar para la correcta ejecución de las obras durante el período de ejecución de las mismas, al margen de la zona de expropiación y/o servidumbre.

4.1.2. RELACIÓN DE EXPROPIACIONES

Para llevar a cabo el diseño y dimensionamiento del proyecto, se deben conocer los terrenos afectados. Éstos son los que se encuentran situados en el terreno donde se implantará la EDAR, las obras de vertido del agua tratada al arroyo Sasiturria y el espacio ocupado por la carretera de acceso.

La Estación Depuradora de Nabarniz exige expropiar las siguientes parcelas o superficies:

1. La parcela ocupada por la Estación Depuradora de Aguas Residuales.
2. La superficie ocupada por la carretera de acceso. En este proyecto no se realizará dicha carretera, únicamente se propondrá una de acceso. Por tanto, no se tendrá en cuenta el área que ocupa dicho posible acceso para el cálculo del coste de expropiación.

4.2. LOCALIZACIÓN

Como se comenta en la Memoria Descriptiva, el diseño y dimensionamiento de la EDAR de Nabarniz está realizado para una futura construcción en el barrio de Merika.

La EDAR ocupará parte de las superficies de las parcelas 044, 045, 046, 047 y 048 del polígono 005, terreno clasificado como rústico.



Figura 1: Delimitación de las parcelas donde estará la EDAR en el barrio de Merika [26]



Figura 2: Área exacta ocupada por la EDAR

4.3. RELACIÓN DE EXPROPIACIONES

Todos los terrenos afectados por la futura depuradora pertenecen al término municipal de Nabarniz (Bizkaia).

A continuación se adjunta un cuadro resumen de las superficies afectadas según el tipo de afección:

Tabla 1: Tipo de afección

Naturaleza del terreno	Expropiación (m ²)	Servidumbre de paso (m ²)	Ocupación temporal (m ²)
Urbano	0	0	0
Rústico	7.922,3039	0	0
TOTAL	7.922,3039	0	0

Para la valoración de los terrenos afectados por la expropiación se adoptarán los precios que, según el ayuntamiento de Nabarniz, son los precios de expropiación:

Tabla 2: Precio del terreno expropiado

Naturaleza del terreno	Precio de expropiación
Urbano	30,00 €/m ²
Rústico	7,00 €/m ²

Para las servidumbres de paso aéreas y/o subterráneas se considerará un valor del 50% de los precios relacionados, y para las ocupaciones temporales un valor del 20%.

Tabla 3: Precio del terreno expropiado

Servidumbre	
Naturaleza del terreno	Precio de expropiación
Urbano	15,00 €/m ²
Rústico	3,50 €/m ²

Tabla 4: Precio del terreno expropiado

Ocupaciones temporales	
Naturaleza del terreno	Precio de expropiación
Urbano	6,00 €/m ²
Rústico	1,40 €/m ²

Tabla 5: Cálculos de los costes de expropiación, servidumbre y ocupación temporal

Nº Polígono	Nº Parcela	Naturaleza terreno	Explotación definitiva (m²)	Ocupación temporal (m²)	Servidumbre de paso (m²)	TOTAL (€)
005	044	Rústico	1.910,2824	0	0	13.371,98
005	045	Rústico	316,6942	0	0	2.216,86
005	046	Rústico	2.392,1743	0	0	16.745,22
005	047	Rústico	3.063,2741	0	0	21.442,92
005	048	Rústico	239,8789	0	0	1.679,15
TOTAL (€)						55.456,13

ANEJO Nº 5

JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

ÍNDICE

5.1. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS. CRITERIOS ADOPTADOS	- 149 -
5.1.1. INSTALACIONES	- 149 -
5.1.2. MATERIALES	- 149 -
5.2. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	- 150 -
5.3. PRECIOS DESCOMPUESTOS	- 151 -

5.1. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS. CRITERIOS ADOPTADOS

Los precios para la elaboración del proyecto de diseño y dimensionamiento de la EDAR en Nabarniz se han establecido para la fecha de presentación del proyecto, basados en los datos siguientes:

5.1.1. INSTALACIONES

El estudio de los costes correspondientes a las instalaciones está basado en los precios de los propios fabricantes.

5.1.2. MATERIALES

El coste total del material comprende los siguientes conceptos:

- Coste de adquisición del material.
- Coste de carga
- Coste del transporte desde el lugar de adquisición al lugar de acopio o aplicación en la obra.
- Coste de descarga.
- Varios: coste correspondiente a mermas, pérdidas o roturas (del 1 al 5% del precio de adquisición).

Al final del capítulo se adjuntan los valores adoptados para los materiales que forman parte de las distintas unidades.

5.2. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

La determinación de los precios de las distintas unidades se realiza a partir de los precios de los elementos que las forman, los cuales se agrupan bajo los siguientes conceptos:

- Instalaciones.
- Materiales.
- Costes indirectos.

A partir de los cuadros en los que se establecen los costes para los elementos englobados en cada uno de estos apartados, se efectúa la determinación de los precios de cada unidad, teniendo en cuenta los rendimientos de los equipos para evaluar la incidencia de la mano de obra y maquinaria en cada precio.

5.3. PRECIOS DESCOMPUESTOS

Todas estas unidades son objeto de medición y abono en el presupuesto. La justificación se realiza incrementando el coste directo con el 6% de costes indirectos.

01	INSTALACIÓN DE LLEGADA		
01.01	ARQUETA DE LLEGADA		
01.01.01	Hormigon HM-20 limpieza e=10cm	m ²	
	Hormigón en masa HM-20 N/mm ² , consistencia plástica, T _{máx} = 20mm, para ambiente agresivo, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso vertido por medio de camión- bomba, vibrado. Según normas NTE-CSZ, EHE y CTE-SE-C.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		12,45
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS		
01.01.02	Hormigon HA-30	m ³	
	Hormigón en masa HA-30 N/mm ² , consistencia plástica, T _{máx} . 20mm., para ambiente agresivo, elaborado en central en relleno de alzados, pilares, vigas de forjado, incluso vertido por medio de camión-bomba, vibrado. Según normas NTE-CSZ, EHE y CTE-SE-C.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		227,52
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS VEINTISIETE EUROS con CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS		
01.01.03	Encofrado	m ²	
	Encofrado visto plano vertical, construido con tabloncillo de pino de 50 mm de espesor, parte proporcional de tirantes de acero corrugado y tensores para arriostramiento del mismo, material de clavazón, limpieza del material y tratamiento con líquido desencofrante.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		17,39
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS		
01.01.04	Tramex	m ²	
	Entramado metálico formado por rejilla de pletina de acero galvanizado tipo Tramex de 30x2 mm., y bastidor con uniones electrosoldadas, i/soldadura y ajuste a otros elementos.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		181,77
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y UN EUROS con SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS		

01.01.05

Compuerta mural**Ud****Compuerta para evitar el paso del agua residual de la arqueta de llegada a la línea de agua de la EDAR.**

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL SEISCIENTOS SESENTA Y SIETE EUROS**5.667,00**

01.02 CONDUCCIONES			
01.02.01	Tubería PVC 250mm	m	
	Tubería de PVC de 250 mm de diámetro en colector de aguas fecales y pluviales incluso transporte a instalación.		
		Sin descomposición	
	TOTAL PARTIDA		27,40
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTISIETE EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS		
01.02.02	Pozo de registro	Ud	
	Pozos de registro de hormigón en masa, para posterior revisión, reparación o sustitución de la tubería de entrada a la EDAR.		
		Sin descomposición	
	TOTAL PARTIDA		427,99
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS VEINTISIETE EUROS con NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS		

02	EDAR		
02.01	LÍNEA DE AGUA		
02.01.01	DESBASTE		
02.01.01.01	Canal de Desbaste		
02.01.01.01.01	Hormigon HM-20 limpieza e=10cm	m ²	
	Hormigón en masa HM-20 N/mm ² , consistencia plástica, T _{máx} = 20mm, para ambiente agresivo, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso vertido por medio de camión- bomba. Según normas NTE-CSZ, EHE y CTE-SE-C.		
		Sin descomposición	
	TOTAL PARTIDA		12,45
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS		
02.01.01.02	Hormigon HA-30 canal	m ³	
	Hormigón en masa HA-30 N/mm ² , consistencia plástica, T _{máx} . 20mm., para ambiente agresivo, elaborado en central en relleno de alzados, pilares, vigas de forjado, incluso vertido por medio de camión-bomba, vibrado. Según normas NTE-CSZ, EHE y CTE-SE-C.		
		Sin descomposición	
	TOTAL PARTIDA		110,74
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIEZ EUROS con SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS		
02.01.01.03	Encofrado canal	m ²	
	Encofrado en paramento visto, en paramentos planos o curvos, incluso apeos, arriostramientos, distanciadores, pequeño material, medios auxiliares y desencofrado.		
		Sin descomposición	
	TOTAL PARTIDA		21,42
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIUN EUROS con CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS		
02.01.01.04	Tramex	m ²	
	Entramado metálico formado por rejilla de pletina de acero galvanizado tipo Tramex de 30x2 mm., y bastidor con uniones electrosoldadas, i/soldadura y ajuste a otros elementos.		
		Sin descomposición	
	TOTAL PARTIDA		181,77
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y UN EUROS con SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS		

02.01.01.02	Rejas de Limpieza Automática		
02.01.01.02.01	Rejas de Desbaste	Ud	
	Rejas automáticas para el desbaste de sólidos marca Quilton Model QM-5, Estruagua, Filtramas o equivalente.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		55.883,91
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y CINCO MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS con NOVENTA Y UN CÉNTIMOS		
02.01.01.03	Otros		
02.01.01.03.01	Bombeo	Ud	
	Motobomba centrífuga de la marca Flygt, ABS, Grundfos o equivalente.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		5.685,35
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS con TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS		
02.01.01.03.02	Contenedor Homologado	Ud	
	Contenedor homologado para cargar encima de camión, construido en acero laminado a 410B y perfiles de refuerzo.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		520,02
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS VEINTE EUROS con DOS CÉNTIMOS		
02.01.02	DESARENADOR ESTÁTICO		
02.01.02.01	Desarenador Estático	Ud	
	Desarenador estático de cámara de PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio) fabricada con resinas ortoftálicas según normas UNE-EN1825-1:2005.		
	Alto rendimiento de separación de arenas y sólidos densos debido a la elevada superficie de separación.		
	Extracción de arenas y sólidos manual a través de boca de registro con tapa superior de PRFV.		
	Tubulado de entrada y salida en PVC.		
	Elemento opcional: Alarma de detección de arenas y sólidos.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		31.482,44
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y UN MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS		
02.01.03	2 TANQUES IMHOFF		
02.01.03.01	Hormigon HM-20 limpieza e=10cm	m ²	
	Hormigón en masa HM-20 N/mm ² , consistencia plástica, T _{máx} = 20mm, para ambiente agresivo, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso vertido por medio de camión- bomba, vibrado. Según normas NTE-CSZ, EHE y CTE-SE-C.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		12,45
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS		

02.01.03.02	Hormigon HA-30 Hormigón en masa HA-30 N/mm ² , consistencia plástica, T _{máx.} 20mm., para ambiente agresivo, elaborado en central en relleno de alzados, pilares, vigas de forjado, incluso vertido por medio de camión-bomba, vibrado. Según normas NTE-CSZ, EHE y CTE-SE-C.	m ³	
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	110,74
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIEZ EUROS con SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS		
02.01.03.03	Encofrado Encofrado visto plano vertical, construido con tabloncillo de pino de 50 mm de espesor, parte proporcional de tirantes de acero corrugado y tensores para arriostramiento del mismo, material de clavazón, limpieza del material y tratamiento con líquido desencofrante.	m ²	
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	21,42
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIUN EUROS con CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS		
02.01.03.04	Bomba extracción y recirculación Bomba sumergible para extracción y recirculación de agua en el depósito de regulación, altura manométrica 4m.c.a. y potencia 3,7Kw.	Ud	
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	2.730,00
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL SETECIENTOS TREINTA EUROS		
02.01.03.05	Tramex Entramado metálico formado por rejilla de pletina de acero galvanizado tipo Tramex de 30x2 mm., y bastidor con uniones electrosoldadas, i/soldadura y ajuste a otros elementos.	m ²	
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	181,77
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y UN EUROS con SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS		
02.01.04	BIODISCOS		
02.01.04.01	Filtramas Modelo B36414 El equipo consta esencialmente de los siguientes componentes: Grupo motorreductor (Como standard se utiliza accionamiento directo, si bien puede también emplearse transmisión mediante cadena transportadora), Eje motriz (Construido en tubo SHEDULE-ST52, con estructura de apoyo de discos soldada. Acabado mediante chorreado de arena SA 2 1/2 y 300 micras de alquitrán Epoxy), Rodamientos (De rodillos esféricos ampliamente dimensionados, calculados para una duración de 100.000 horas bajo condiciones de adecuada lubricación)	Ud	
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	34.361,88
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y CUATRO MIL TRESCIENTOS SESENTA Y UN EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS		

02.01.05 DECANTADOR SECUNDARIO

02.01.05.01 Fullgas Modelo ST8

Ud

Un decantador secundario prefabricado de las siguientes características: Tanque de sedimentación prefabricado en Poliester Reforzado de Fibra de Vidrio, Marca: Fullgas Model ST8 o similar, Superficie: 30 m2, Altura total: 3.000 mm, Diámetro tubería de entrada y salida: 125 mm, en PVC, Barandilla INOX-304 y pasarela tramex de poliéster, en parte superior

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA **31.530,00**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y UN MIL QUINIENTOS TREINTA EUROS

02.01.06 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

02.01.06.01 Trojan UVFit

Ud

Sistema de Tratamiento Terciario mediante Radiación Ultravioleta. Puesta en marcha y formación del personal incluidos. Transporte no incluido.

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA **22.246,00**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIDOS MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS

02.01.06.02 Sistema de limpieza

Ud

Sistema de limpieza automático mediante fundas. Puesta en marcha y formación del personal incluidos. Transporte no incluido.

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA **2.391,00**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y UN EUROS

02.01.07 ARQUETA DE AGUA TRATADA

02.01.07.01 Hormigon HM-20 limpieza e=10cm m²
 Hormigón en masa HM-20 N/mm², consistencia plástica, T_{máx}=
 20mm, para ambiente agresivo, elaborado en central en relleno de
 zapatas y zanjas de cimentación, incluso vertido por medio de
 camión- bomba, vibrado. Según normas NTE-CSZ, EHE y
 CTE-SE-C.

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA**12,45**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS

02.01.07.02 Hormigon HA-30 m³
 Hormigón en masa HA-30 N/mm², consistencia plástica, T_{máx}.
 20mm., para ambiente agresivo, elaborado en central en relleno
 de alzados, pilares, vigas de forjado, incluso vertido por medio de
 camión-bomba, vibrado. Según normas NTE-CSZ, EHE y
 CTE-SE-C.

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA**227,52**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS VEINTISIETE EUROS con CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS

02.01.07.03 Encofrado m²
 Encofrado visto plano vertical, construido con tabloncillo de pino
 de 50 mm de espesor, parte proporcional de tirantes de acero
 corrugado y tensores para arriostramiento del mismo, material de
 clavazón, limpieza del material y tratamiento con líquido
 desencofrante.

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA**17,39**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS

02.01.07.04 Tramex m²
 Entramado metálico formado por rejilla de pletina de acero
 galvanizado tipo Tramex de 30x2 mm., y bastidor con uniones
 electrosoldadas, i/soldadura y ajuste a otros elementos.

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA**181,77**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y UN EUROS con SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS

02.01.07.05 Pasamuros PVC 250mm Ud
 Tubo pasamuros de toma en fundición para tubería de
 abastecimiento de agua de función D=250, incluso calado de
 tubería para acometida, completamente instalado.

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA**123,00**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTITRES EUROS

02.01.07.06	Compuerta mural Compuerta para evitar el paso del agua residual de la arqueta de agua tratada a la conducción para el vertido al río.	Ud	
			Sin descomposición
			TOTAL PARTIDA 5.667,50
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL SEISCIENTOS SESENTA Y SIETE EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS		
02.02	LÍNEA DE FANGOS		
02.02.01	ESPESADOR DE FANGOS		
02.02.01.01	Filtramas Modelo DCT-AE-5 Modelo DCT-AE-5 del catálogo de Filtramas S.A., modelo prefabricado con tubería de PVC de entrada y de salida de diámetro 125 mm, abierto en la parte superior y con la carcasa fabricada a partir de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), material suficientemente resistente. Otras características: Diámetro superior: 2.000 mm, altura final: 2.300 mm, altura cilindro: 1.300 mm, altura cono: 1.000 mm, ángulo del cono: 60°, volumen: 5.000 litros, diámetro tubería de entrada y salida: 125 mm.	Ud	
			Sin descomposición
			TOTAL PARTIDA 22.458,12
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIDOS MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS con DOCE CÉNTIMOS		
02.02.01.02	Bomba sumerg.p/impuls.agua bruta Bomba sumergible para impulsión de agua bruta, floculada y tratada al punto de análisis, caudal 12 m ³ /h., altura manométrica 21 m.c.a. y potencia 3,70Kw.	Ud	
			Sin descomposición
			TOTAL PARTIDA 2.479,44
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS		
02.02.01.03	Bomba sumerg.p/extr.-recircul.agua Bomba sumergible para extracción y recirculación de agua en el depósito de regulación, caudal 200 m ³ /h., altura manoétrica 4m.c.a. y potencia 3,7Kw.	Ud	
			Sin descomposición
			TOTAL PARTIDA 1.578,83
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL QUINIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS		

02.02.02 CENTRIFUGADOR DE FANGOS

02.02.02.01	Flotador de fangos Equipo del catálogo de Filtramas S.A., constituido por: Tambor (Construido en acero inoxidable AISI 304. Tiene dos zonas, una con forma cilíndrica y otro tronco-cónica), Tornillo sinfín (Se fabrica en acero inoxidable AISI 304 y se le aporta carburo de tungsteno en los flancos para reforzar su capacidad antierosión), Grupo de accionamiento (Motor eléctrico que gira a 3000 rpm y transmite el movimiento mediante un juego de poleas que origina una velocidad diferencial entre el tambor y el tornillo sinfín que arrastra el fango hacia la boca de salida), Estructura soport (Fabricada en acero al carbono A42b electrosoldado y tratado superficialmente), Bandeja de recogida de sobrenadantes (Fabricada en acero inoxidable AISI 304), Capota de cubrición (Fabricada en acero inoxidable AISI 304, tipo abierta y de fácil desmontaje, para acceder al tambor con facilidad), Accesorios (Cuadro de fuerza y maniobra que realiza el control mediante un variador autómatas WEG con alimentación trifásica que incluye la programación de todo el proceso (bombas, agitadores, planta de preparación de polielectrolito, electroválvulas de lavado, tornillo de transporte, etc)	Ud
--------------------	--	-----------

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA **68.245,70**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SESENTA Y OCHO MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS con SETENTA CÉNTIMOS

02.02.02.02	Bomba sumerg.p/impuls.agua bruta Bomba sumergible para impulsión de agua bruta, floculada y tratada al punto de análisis, caudal 12 m ³ /h., altura manométrica 21 m.c.a. y potencia 3,70Kw.	Ud
--------------------	---	-----------

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA **2.479,44**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

02.02.02.03	Bomba sumerg.p/achiques y drenajes Bomba sumergible para achiques y drenajes, caudal 10 m ³ /h., altura manométrica 6 m.c.a. y potencia 0,40 Kw.	Ud
--------------------	---	-----------

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA **591,15**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS NOVENTA Y UN EUROS con QUINCE CÉNTIMOS

02.02.03	SILO DE ALMACENAMIENTO DE FANGOS		
02.02.03.01	Silo prefabricado 30 M3	Ud	
	Silo prefabricado para almacenamiento de los fangos producidos, previo al transporte de los mismos para su tratamiento por parte de una empresa privada, incluso bomba para ascenso de los lodos, motor para la misma, barandilla, escalera de acceso, respiradero superior, entrada de hombre, y demás complementos, transporte, instalación, montaje y puesta en funcionamiento.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	43.036,00
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y TRES MIL TREINTA Y SEIS EUROS		
02.02.03.02	Hormigón HA-30	m ³	
	M3 de hormigón en masa, HM 30/P/20/IV+Qb.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	227,52
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS VEINTISIETE con CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS		
02.02.03.03	Hormigón HM-20 limpieza e=10cm	m ²	
	Hormigón en masa HM-20 N/mm ² , consistencia plástica, T _{máx} =20mm, para ambiente agresivo, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso vertido por medio de camión- bomba, vibrado. Según normas NTE-CSZ, EHE y CTE-SE-C.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	12,45
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS		
02.03	EDIFICIO DE CONTROL		
02.03.01	Acero corrugado B500S	kg	
	Acero en armaduras en barras corrugadas, tipo B-500-S para hormigón armado, cortado y doblado, incluso p.p. de despuntes y solapes para armado de la solera y de los muros del depósito.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	1,36
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EURO con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS		
02.03.02	Hormigón HM-20 limpieza e=10cm	m ²	
	Hormigón en masa HM-20 N/mm ² , consistencia plástica, T _{máx} =20mm, para ambiente agresivo, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso vertido por medio de camión- bomba, vibrado. Según normas NTE-CSZ, EHE y CTE-SE-C.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	12,45
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS		

02.03.03	Hormigon HA-30	m³		
	Hormigón en masa HA-30 N/mm ² , consistencia plástica, T _{máx.} 20mm., para ambiente agresivo, elaborado en central en relleno de alzados, pilares, vigas de forjado, incluso vertido por medio de camión-bomba, vibrado. Según normas NTE-CSZ, EHE y CTE-SE-C.			
			Sin descomposición	
			TOTAL PARTIDA	110,74
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIEZ EUROS con SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS			
02.03.04	Puerta	Ud		
	Puerta doble de madera y 54 cm de ancho cada una.			
			Sin descomposición	
			TOTAL PARTIDA	641,64
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEISCIENTOS CUARENTA Y UN EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS			
02.03.05	Canalón colgado PVC D=60mm	m		
	Canalón e PVC liso color gris, de diámetro 50 mm. y con unión por encolado; colgado mediante abrazaderas metálicas para canalón de drenaje de lluvia, incluso p.p. de piezas especiales en desvios y conexión con bajantes.			
			Sin descomposición	
			TOTAL PARTIDA	46,40
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y SEIS EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS			
02.03.06	Bajante PVC D=60mm	m		
	Bajante de PVC liso color gris, de diámetro 50 mm. y con unión por encolado; colgado mediante abrazaderas metálicas para bajante de aguas de lluvia, incluso p.p. de piezas especiales en desvios.			
			Sin descomposición	
			TOTAL PARTIDA	28,68
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIOCHO EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS			
02.03.07	Ventana PVC 2 hojas oscilo persiana	Ud		
	Ventana oscilobatiente de 2 hojas fabricada en PVC con perfil de 70 mm y 5 cámaras, refuerzo de acero, herraje perimetral, con persiana, lamas de aluminio y vidrio 4/16/4.			
			Sin descomposición	
			TOTAL PARTIDA	218,00
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS DIECIOCHO EUROS			
02.03.08	Imp. Elast. Prelastic 1000 COPSA	m²		
	Impermeabilización de terrazas o tableros de cubierta con doble mano de revestimiento elástico a base de copolímeros del éster del ácido acrílico, con aspecto de pasta tixotrópica. Prelastic 1000 de Copsa.			
			Sin descomposición	
			TOTAL PARTIDA	16,96
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISEIS EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS			

02.03.09 **Teja cerámica plana** m²
Cubrición de teja cerámica plana e 43x26 cm, recibida con
mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N y arena de tipo M-2,5.

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTINUEVE EUROS con TREINTA CÉNTIMOS

29,30

02.04 EDIFICIO DE TRATAMIENTO TERCIARIO			
02.04.01	Acero corrugado B500S	kg	
	Acero en armaduras en barras corrugadas, tipo B-500-S para hormigón armado, cortado y doblado, incluso p.p. de despuntes y solapes para armado de la solera y de los muros del depósito.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		1,36
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EURO con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS		
02.04.02	Hormigon HM-20 limpieza e=10cm	m²	
	Hormigón en masa HM-20 N/mm ² , consistencia plástica, T _{máx} =20mm, para ambiente agresivo, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso vertido por medio de camión- bomba, vibrado. Según normas NTE-CSZ, EHE y CTE-SE-C.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		12,45
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS		
02.04.03	Hormigon HA-30	m³	
	Hormigón en masa HA-30 N/mm ² , consistencia plástica, T _{máx} . 20mm., para ambiente agresivo, elaborado en central en relleno de alzados, pilares, vigas de forjado, incluso vertido por medio de camión-bomba, vibrado. Según normas NTE-CSZ, EHE y CTE-SE-C.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		110,74
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIEZ EUROS con SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS		
02.04.04	Puerta	Ud	
	Puerta doble de madera y 90 cm de ancho cada una.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		641,64
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEISCIENTOS CUARENTA Y UN EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS		
02.04.05	Canalón colgado PVC D=60mm	m	
	Canalón e PVC liso color gris, de diámetro 50 mm. y con unión por encolado; colgado mediante abrazaderas metálicas para canalón de drenaje de lluvia, incluso p.p. de piezas especiales en desvios y conexión con bajantes.		
			Sin descomposición
	TOTAL PARTIDA		46,40
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y SEIS EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS		

02.04.06	Bajante PVC D=60mm	m	
	Bajante de PVC liso color gris, de diámetro 50 mm. y con unión por encolado; colgado mediante abrazaderas metálicas para bajante de aguas de lluvia, incluso p.p. de piezas especiales en desvíos.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	28,68
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIOCHO EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS		
02.04.07	Teja cerámica plana	m ²	
	Cubrición de teja cerámica plana e 43x26 cm, recibida con mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N y arena de tipo M-2,5.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	29,30
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTINUEVE EUROS con TREINTA CÉNTIMOS		
02.04.08	Imp. Elast. Prelastic 1000 COPSA	m ²	
	Impermeabilización de terrazas o tableros de cubierta con doble mano de revestimiento elástico a base de copolímeros del éster del ácido acrílico, con aspecto de pasta tixotrópica. Prelastic 1000 de Copsa.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	16,96
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISEIS EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS		
02.05	UNIONES ENTRE PROCESOS		
02.05.01	TUBERIA ENTRE ELEMENTOS LINEA DE AGUA		
02.05.01.01	Tubería PVC enterrada 250mm	m	
	Tubería de PVC enterrada de 250 mm de diámetro nominal, para conexión de los diferentes procesos de la línea de agua.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	27,40
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTISIETE EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS		
02.05.02	TUBERIA ENTRE ELEMENTOS LINEA DE FANGOS		
02.05.02.01	Tubería enterrado PVC 160mm	m	
	Tubería de PVC enterrada de 160 mm de diámetro nominal, para conexión de los diferentes elementos de la línea de fangos.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	18,75
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECIOCHO EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS		

02.05.03 TUBERIA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA

02.05.03.01	Tubería enterrada PVC 160mm	m
	Tubería de PVC enterrada de 160 mm de diámetro nominal, para recirculación de las grasas extraídas en el clarificador, hasta el desengrasador.	

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA **18,75**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECIOCHO EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS

02.05.04 CODOS Y TES

02.05.04.01	Codo PVC colocado	Ud
	Codos de PVC de 200 mm de diámetro, de 87,5°.	

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA **40,48**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA EUROS con CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS

02.05.04.02	Derivación PVC colocada	Ud
	Tes de PVC de 200 mm de diámetro de 87,5°.	

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA **79,08**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y NUEVE EUROS con OCHO CÉNTIMOS

02.05.05 VALVULAS DE COMPUERTA

02.05.05.01	Valv.comp.cierre elast. 200mm	Ud
	Válvula de compuerta de fundición PN 16 de 200 mm de diámetro interior, cierre elástico, para tubería de conexión de agua residual, incluso uniones y accesorios, sin incluir dado de anclaje, completamente instalada.	

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA **787,07**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETECIENTOS OCHENTA Y SIETE EUROS con SIETE CÉNTIMOS

02.05.06 BY-PASS ENTRE ELEMENTOS

02.05.06.01	Tubería PVC enterrada 250mm	m
	Tubería de PVC de 250 mm de diámetro en by-pass en uniones entre los diferentes procesos.	

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA **28,83**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIOCHO EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS

03	INTERIOR DE LA EDAR		
03.01	FIRMES Y PAVIMENTOS		
03.01.01	Base granular de zahorra artificial	m ³	
	Base granular de zahorra artificial, extendida con motoniveladora compactada y humectada, incluso transporte.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	12,88
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS		
03.01.02	Mezcla bituminosa cal dren PA-12	t	
	Mezcla bituminosa en caliente, tipo drenante PA-12, con áridos, fabricada y puesta en obra, extendido y compactado, excepto betún.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	18,01
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECIOCHO EUROS con UN CÉNTIMOS		
03.02	SEÑALIZACIÓN		
03.02.01	SEÑALIZACIÓN VERTICAL		
03.02.01.01	Señal de prohibición circular	Ud	
	Señal circular de diámetro 90 cm., reflexiva nivel I (E.G.) y troquelada, incluso poste galvanizado de sustentación y cimentación.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	118,31
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO DIECIOCHO EUROS con TREINTA Y UN CÉNTIMOS		
03.02.01.02	Señal informativa	Ud	
	Señal flechas de dirección en islestras reflexiva nivel II (H.I.) y troquelada, incluso poste galvanizado de sustentación y cimentación.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	135,00
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO TREINTA Y CINCO EUROS		
03.02.02	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL		
03.02.02.01	Marca vial reflexiva	m	
	Marca vial reflexiva continua blanca/amarilla, de 10 cm. de ancho, ejecutada con pintura acrílica en base acuosa con una dotación de 720 gr./m ² y aplicación de microesferas de vidrio con una dotación de 480 gr./m ² , excepto premarcaje.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	1,89
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EURO con OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS		
03.02.02.02	Marca vial reflexiva cebreados	m ²	
	Pintura reflexiva blanca, en cebreado realmente pintado, incluso premarcaje sobre el pavimento.		
			Sin descomposición
		TOTAL PARTIDA	11,30
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de ONCE EUROS con TREINTA CÉNTIMOS		

04 URBANIZACIÓN			
04.01	Pav.adq.hor.quebrado gris	m ²	
		Sin descomposición	
		TOTAL PARTIDA	21,24
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIUN EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS		
04.02	Bordillo ejecutado	m	
	Bordillo ejecutado con máquina bordilladora, realizado con hormigón H-20 N/mm ² .		
		Sin descomposición	
		TOTAL PARTIDA	17,30
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con TREINTA CÉNTIMOS		
04.03	Form.cesped jardin clasico<1000	m ²	
	Formación de césped tipo jardín clásico de gramíneas por siembra de una mezcla de Agrostis tenuis al 5%, Festuca rubra Phallax al 20 %, Poa pratense al 25 % y Ray-grass inglés al 50 %, en superficies hasta 1000 m ² ., comprendiendo el desbroce, perfilado y fresado del terreno, distribución de fertilizante complejo NPK-Mg-M.O., pase de motocultor a los 10 cm. superficiales, perfilado definitivo, pase de rulo y preparación para la siembra, siembra de la mezcla indicada a razón de 30 gr/m ² . y primer riego.		
		Sin descomposición	
		TOTAL PARTIDA	2,67
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS EUROS con SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS		
04.04	Sumiero sifonico	Ud	
	Ud de sumidero sifónico, incluso cerco y rejilla de fundición y conexión a red.		
		Sin descomposición	
		TOTAL PARTIDA	177,26
	Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO SETENTA Y SIETE EUROS con VEINTISEIS CÉNTIMOS		

ANEJO Nº 6

PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

ÍNDICE

6.1. INTRODUCCIÓN	- 175 -
6.2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	- 176 -
6.3. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN.....	- 177 -
6.4. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN .	- 178 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Presupuesto para la administración - 178 -

6.1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se exponen el Presupuesto de Ejecución Material, que incrementado en un 19% (13% en conceptos de Gastos Generales y un 6% en concepto de Beneficio Industrial) y posteriormente un 21% del IVA se obtiene el Presupuesto Base de Licitación.

Además, también se expone el Presupuesto para conocimiento de la Administración, sumando el precio de las expropiaciones.

6.2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

Asciende el PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL (material e instalaciones) a la cantidad de **QUINIENTOS CINCUENTA Y SIETE MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS con CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS.**

6.3. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

		IMPORTE (€)
01	INSTALACIÓN DE LLEGADA.....	21.480,07
02	EDAR.....	476.642,79
03	INTERIOR DE LA EDAR.....	20.512,01
04	URBANIZACIÓN	39.198,55
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	557.833,42
	13,00 % Gastos generales.....	72.518,34
	6,00 % Beneficio industrial.....	33.470,01
	Suma.....	105.988,35
	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA	663.821,77
	21% IVA.....	139.402,57
	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	803.224,34

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de **OCHOCIENTOS TRES MIL DOSCIENTOS VEINTICUATRO EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS.**

6.4. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

Al presupuesto base de licitación se le deben añadir las expropiaciones, resultando lo reflejado a continuación:

Tabla 1: Presupuesto para la administración

Presupuesto de ejecución material	557.833,42 €
13% Gastos generales	72.518,34 €
6% Beneficio industrial	33.470,01€
Subtotal	105.988,35 €
21% IVA	139.402,57 €
Presupuesto base de licitación	803.224,34 €
Expropiaciones	55.456,13 €
Presupuesto para conocimiento de la administración	858.680,47 €