

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO DE DEPURACIÓN DEL
RESIDUO GENERADO EN LA GRANJA
ABEREKIN, S.L. (ZAMUDIO) MEDIANTE
TRATAMIENTO NO CONVENCIONAL***

Alumno/Alumna: García, González, Ana

Director/Directora (1): de Luis, Álvarez, Ana

Director/Directora (2):

Curso: 2019 - 2020

Fecha: Bilbao, 6, Noviembre, 2019

RESUMEN

La demanda de la cría intensiva del ganado, junto con el promovido uso de fertilizantes agrícolas, ha terminado desligando la agricultura y la ganadería, históricamente complementarias. Por ello, la gestión de los residuos procedentes de establos se ha convertido, en momentos puntuales, en foco de atención pública.

A través de este proyecto, se pretende plantear las técnicas más habituales de gestión de excreciones ganaderas, teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes desde el punto de vista técnico, medio ambiental y económico, primando la sostenibilidad medioambiental.

En concreto, en este trabajo se da solución al residuo generado por la granja bovina Aberekin, de 300 sementales y situada en la población de Zamudio, Bizkaia.

Primeramente, se ha estudiado el tratamiento completo necesario para que el residuo tratado pueda ser vertido a la Red de Saneamiento Pública, con destino a EDAR de Galindo, la planta más importante del Consorcio de Aguas de Bilbao – Bizkaia. La decisión por este destino viene dada por la flexibilidad en la composición del residuo, mucho mayor que la necesaria para vertido a cauce.

Seguidamente se diseña y se dan las pautas para la construcción de la planta que va a permitir el tratamiento del desecho generado.

Para ello, el proyecto está formado por cinco documentos. El primero, memoria y anejos, está centrado en el planteamiento de alternativas y la solución escogida, apoyándose en la información de los anejos. Una vez elegida la solución óptima, a continuación, se encuentran, en orden, Planos, Pliego de Prescripciones Técnicas, Presupuesto y Estudio de Seguridad y Salud.

Es necesario resaltar la considerable composición del residuo a tratar, que provoca el incremento de las fases del tratamiento, especialmente del dedicado a la reducción de SS, materia orgánica, nitrógeno y fósforo.

El tratamiento planteado está dividido en pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario.

Para acondicionar el efluente a tratar, se dispone de una arqueta de llegada, un pozo de gruesos y un canal de desbaste. El efluente que se obtiene en esta etapa tiene un caudal homogéneo sin sólidos de gran tamaño procedentes de los trabajos que se realizan en los establos.

La segunda fase está formada por dos decantadores en línea, dimensionados en función de la carga de sólidos, en los cuales se eliminarán los sólidos decantables presentes en el agua residual.

Por último, como tratamiento secundario, se utilizará un sistema de lagunaje. Esta fase se centra, además, en el tratamiento anaerobio del efluente, formado por cuatro lagunas en línea. El lagunaje finaliza con una laguna facultativa y otra de depuración, ambas de mayor superficie, con el fin de depurar la composición a través de la oxigenación y la luz solar.

PALABRAS CLAVE: Tratamiento no convencional, EDAR, Lagunaje, Residuo de origen ganadero.

LABURPENA

Abeltzaintza hazkuntza intentsiboaren eskariak, nekazaritzako ongarrien erabilerarekin batera, nekazaritza eta abeltzaintza baztertu ditu, historikoki osagarriak. Beraz, ukuiluen hondakinen kudeaketa, une jakin batzuetan, jendearen arreta ardatz bilakatu da.

Proiektu honen bidez, abereen uzkuetzearen kudeaketaren teknika ohikoenak proposatu nahi dira, abantailak eta desabantailak ikuspuntu tekniko, ingurumen eta ekonomiko batetik kontuan hartuta, ingurumenaren iraunkortasunari lehentasuna emanaz.

Hain zuzen ere, lan honek irtenbide bat ematen du Aberekin abere haziendak sortutako hondakinei, 300 geldialdi dituen eta Bizkaiko Zamudio herrian dagoena.

Hasteko, tratatutako hondakinak saneamendu publikoko sarera isurtzeko beharrezkoa den tratamendu osoa aztertu da, Galindoko EDUra, Bilbo Ur Partzuergoko planta garrantzitsuena - Bizkaia. Helmuga honetarako erabakia hondakinen konposizioan malgutasunak ematen du, isurketak egiteko behar dena baino askoz handiagoa.

Ondoren, sortutako hondakinen tratamendua ahalbidetuko duen planta eraikitzeko jarraibideak diseinatu eta eman behar dira.

Horretarako, proiektua bost dokumentuk osatzen dute. Lehena, memoria eta eranskinak, aukeren planteamenduan eta aukeratutako irtenbidean oinarritzen da, eranskinetako informazioan oinarrituta. Irtenbide egokiena aukeratuta, planak, zehaztapen teknikoa, aurrekontua eta osasun eta segurtasun azterketa daude.

Tratatu beharreko hondakinen osaera nabarmena nabarmendu behar da eta horrek tratamendu faseen gehikuntza eragiten du, batez ere SS, materia organikoa, nitrogenoa eta fosforoa murrizteari eskainitakoa.

Proposatutako tratamendua aurretratamenduan, lehen tratamenduan eta bigarren mailako tratamenduan banatzen da.

Tratatu beharreko efluenta baldintzatzeko, iristeko kaxa bat, zulo lodia eta zurtoineko kanala daude. Etapa honetan lortzen den efluenta ukuiluan egindako lanetatik solido handirik gabeko fluxu homogeneoa du.

Bigarren fasea lerroko bi dekantatzailek osatzen dute, solidoen kargaren arabera tamainakoa, eta horietan hondakin uretan dauden solido dekantagarriak ezabatuko dira.

Azkenik, bigarren mailako tratamendu gisa, aintzira sistema erabiliko da. Fase honek efluntearen tratamendu anaerobikoa ere du ardatz, lineako lau hutsuneak osatuta. Aintzira aukerako aintzira batekin eta arazketa aintzirarekin amaitzen da, biak azalera handiagoarekin, konposizioa arazteko oxigenazio eta eguzki argiaren bidez.

HITZ GAKOAK: ezohiko tratamendua, araztegia, aintzira, abereen jatorria.

SUMMARY

The demand for intensive livestock rearing, together with the promoted use of agricultural fertilizers, has ended up dislodging agriculture and livestock, historically complementary. Therefore, the management of waste from stables has become, at specific times, a focus of public attention.

Through this project, it is intended to propose the most common techniques of livestock excretion management, taking into account the advantages and disadvantages from a technical, environmental and economic point of view, giving priority to environmental sustainability.

Specifically, this work provides a solution to the waste generated by the Aberekin bovine farm, with 300 stallions and located in the town of Zamudio, Bizkaia.

First, the complete treatment necessary for the treated waste can be dumped into the Public Sanitation Network, destined to WWTP of Galindo, the most important plant of the Bilbao Water Consortium - Bizkaia, has been studied. The decision for this destination is given by the flexibility in the composition of the waste, much greater than that necessary for discharge.

Next, the guidelines for the construction of the plant that will allow the treatment of the generated waste are designed and given.

For this, the project consists of five documents. The first, memory and annexes, is focused on the approach of alternatives and the solution chosen, based on the information in the annexes. Once the optimal solution has been chosen, then there are, in order, Plans, Technical Specification, Budget and Health and Safety Study.

It is necessary to highlight the considerable composition of the waste to be treated, which causes the phases of the treatment to be increased, especially those dedicated to the reduction of SS, organic matter, nitrogen and phosphorus.

The proposed treatment is divided into pretreatment, primary treatment and secondary treatment.

To condition the effluent to be treated, there is an arrival casket, a thick pit and a roughing channel. The effluent obtained at this stage has a homogeneous flow without large solids from the work carried out in the stables.

The second phase consists of two in-line decanters, sized according to the solids load, in which the decantable solids present in the wastewater will be eliminated.

Finally, as a secondary treatment, a lagoon system will be used. This phase also focuses on the anaerobic treatment of the effluent, formed by four online gaps. The lagoon ends with an optional lagoon and a purification lagoon, both with a larger surface area, in order to purify the composition through oxygenation and sunlight.

KEY WORDS: Unconventional treatment, WWTP, Lagoon, Residue of livestock origin.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

**PROYECTO DE DEPURACIÓN DEL
RESIDUO GENERADO EN LA GRANJA
ABEREKIN, S.L. (ZAMUDIO) MEDIANTE
TRATAMIENTO NO CONVENCIONAL**

DOCUMENTO 1- MEMORIA Y ANEJOS

Alumno/Alumna: García, González, Ana

Director/Directora (1): de Luis, Álvarez, Ana

Director/Directora (2):

Curso: 2019 - 2020

Fecha: Bilbao, 6, Noviembre, 2019

ÍNDICE

MEMORIA	15
ANEJOS	91
ANEJO 1: Justificación de precios.....	94
ANEJO 2. Programa de trabajos	130
ANEJO 2: Estudio geotécnico.....	145
ANEJO 2: Estudio de impacto y recuperación medioambiental.....	160
ANEJO 3: Cálculo de Instalaciones.....	179
ANEJO 4. Expropiaciones.....	214

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Evolución del número total de cabezas de ganado bovino en la zona norte de España. Fuente: Elaboración propia [3].....	22
Figura 2 Evolución del número total de cabezas de ganado bovino en la zona norte de España. Fuente: Elaboración propia [4].....	22
Figura 3 Emplazamiento general 2D.	26
Figura 4 Distribución de la granja. Fuente: Google Maps.....	27
Figura 5 Situación del cauce respecto del emplazamiento del tratamiento. [5].....	28
Figura 6 Situación del tramo de la red pública más cercana a la estación de tratamiento respecto del emplazamiento del tratamiento.....	29
Figura 7 Zonas de un decantador estático tipo. [19]	41
Figura 8 Decantador rectangular. [20]	42
Figura 9 Tipos de arrastre de lodos: a) Cadena, b) puente y c) rasquetas barrelos. [20]	42
Figura 10 Sedimentador circular. [21].....	42
Figura 11 . Filtración. Tipos: a) Tamiz estático b) Tamiz vibrador c) Tamiz rotativo. [22] [23]	44
Figura 12 Centrifugación. [27] [28]	46
Figura 13 Partes del lecho bacteriano y tipos de soportes [31]	49
Figura 14 Sistema completo de depuración de aguas residuales mediante discos biológicos. [33].....	50
Figura 15 Sistema completo de depuración de aguas residuales mediante lodos activados. [36].....	52
Figura 16 Zonas de una laguna facultativa. [38].....	55
Figura 17 Esquema tratamiento por lagunaje. [39]	55
Figura 18 Imagen real de lagunaje [40].....	56
Figura 19 Esquema de una laguna aireada. [42].....	56
Figura 20 Imagen real de laguna aireada. [43].....	57
Figura 21 Esquema de tipos de humedales en función del tipo de flujo. [45]	58
Figura 22 Esquema humedal con flujo superficial. [42]	58
Figura 23 Esquema humedal con flujo subsuperficial horizontal. [42].....	59
Figura 24 Esquema humedal con flujo subsuperficial horizontal.[42]	60
Figura 25 Plano detalle conexión granja y planta depuradora. Planta y alzado. Fuente: edición propia.....	65
Figura 26 Detalle pretratamiento. Fuente: Edición propia	67
Figura 27 Detalle Arqueta de llegada y aliviadero. Fuente: Edición propia.....	68
Figura 28 Canal con reja de desbaste inclinada.[49].....	69
Figura 29 Simulación de desbaste mediante rejas y rastillo para limpieza manual [50]	70
Figura 30 Detalle elementos de un decantador. [51].....	71
Figura 32 Detalle planta y alzado de decantador 1. Fuente: edición propia.....	72
Figura 32 Detalle planta y alzado de decantador 2. Fuente: Edición propia.....	72
Figura 33 Detalle planta y alzado de lagunas anaerobias Fuente: edición propia...	74
Figura 34 Detalle planta y alzado de laguna facultativa. Fuente: Edición propia	74

Figura 35 Detalle planta y alzado de lagunas anaerobias. Fuente: edición propia..	75
Figura 36 Contenedor para depósito de residuos con origen en pozo de gruesos y desbaste. [52]	77
Figura 37 Depósito para residuos con origen en con origen en decantadores. [53]	78
Figura 38 Situación de depósito y bombas y conexión con decantadores. Fuente: Documento 3: PLANOS	79
Figura 39 Detalle bomba de impulsión de fangos hacia el depósito. Fuente: Documento 3: PLANOS	79
Figura 40 Categorías de tráfico de proyecto. [54]	138
Figura 41 Sección tipo de proyecto. [54]	138
Figura 42 Sección de explanada escogida. [54]	139
Figura 43 Especificaciones técnicas del sistema de impermeabilización. [55]	140
Figura 44 Mapa geológico de la zona de afección. [56]	149
Figura 45 Ampliación del mapa geológico de la zona de afección. [57]	149
Figura 46 Leyenda del mapa geológico. [57]	150
Figura 47 Mapa de Peligrosidad Sísmica de España. [59]	154
Figura 48 Clasificación de la construcción según el CTE. [60]	155
Figura 49 Clasificación del terreno según el CTE. [60]	155
Figura 50 Gráfico de Hoek y Bray (1977) para el cálculo de taludes. [61]	157
Figura 51 Plan territorial agroforestal y del medio natural de la CAPV. [62]	163
Figura 52 Zona afectada del Plan territorial agroforestal y del medio natural de la CAPV. [63]	164
Figura 53 Mapa vegetación general. [65]	165
Figura 54 Mapa vegetación detallada. [65]	165
Figura 55 Vertidos urbanos en Bikaia. [66]	166
Figura 56 Vulnerabilidad de acuíferos. [65]	167
Figura 57 Fauna amenazada. [65]	168
Figura 58 Flora amenazada. [65]	170
Figura 59 Erosión. [65]	170
Figura 60 Mapas de ruido de Zamudio. [68]	171
Figura 61 Mapa riesgo de inundabilidad de Zamudio. [69]	172
Figura 62 Vertedero de lámina libre. [70]	184
Figura 63 Elementos de la cuchara bivalva [51]	187
Figura 64 Catálogo de características de la cuchara bivalva. [51]	188
Figura 65 Catálogo de características de decantador. [51]	194
Figura 66 Catálogo de características de decantador. [51]	196
Figura 67 Depósito para residuos con origen en con origen en decantadores. [53]	210
Figura 68 Depósito para residuos con origen en con origen en pozo de gruesos y desbaste [52]	211
Figura 69 Parcelación del Catastro de la zona afectada. [74]	219
Figura 70 Ficha de Valor Catastral de las parcelas afectadas. [75]	220

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición según autor de residuo ganadero. Fuente: Elaboración propia	33
Tabla 2 Composición para el residuo ganadero de este proyecto. Fuente: Elaboración propia a partir de los autores referenciados.	33
Tabla 3 Requisitos para agua residuales de origen industrial según Normativa del Consorcio de Aguas. Fuente: Elaboración propia	35
Tabla 4 Requisitos para vertido de este proyecto. Fuente: Elaboración propia	35
Tabla 5 Requisitos de aguas residuales urbanas para vertido a cauce según Real Decreto 508/2007. Fuente: Elaboración propia.....	36
Tabla 6 Caudales según autor y clasificación del residuo ganadero. Elaboración propia a partir de los autores referenciados. Fuente: Elaboración propia	39
Tabla 7 Ventajas e inconvenientes de los sedimentadores primarios. [21]	43
Tabla 8 Rendimientos de eliminación de un sedimentador primario.[21]	43
Tabla 9 Ventajas y desventajas de la filtración. [24].....	44
Tabla 10 Rendimiento de filtración para aguas residuales de origen bovino. [25]..	45
Tabla 11 Ventajas y desventajas de la centrifugación. [26].....	45
Tabla 12 Rendimiento de centrifugación para aguas residuales de origen bovino. * Diferentes autores.....	46
Tabla 13 Comparativa de tratamientos biológicos extensivos e intensivos. [30]....	48
Tabla 14 Ventajas y desventajas de lechos bacterianos. [32]	50
Tabla 15 Rendimientos de lechos bacterianos. [30]	50
Tabla 16 Ventajas y desventajas de discos biológicos. [34].....	51
Tabla 17 Rendimiento de depuración de discos biológicos. [35]	51
Tabla 18 Rendimiento de depuración de lodos activados.[35].....	52
Tabla 19 Rendimiento de depuración de discos biológicos.[35]	52
Tabla 20 Ventajas y desventajas del lagunaje. [37]	53
Tabla 21 Rendimiento de lagunaje.[41]	56
Tabla 22 Condiciones óptimas para el funcionamiento de las lagunas aireadas. [44]	57
Tabla 23 Rendimiento de depuración mediante humedal artificial superficial. [46]	58
Tabla 24 Ventajas y desventajas de los humedales artificiales. [48]	60
Tabla 25 Rendimiento de depuración mediante humedal artificial subsuperficial. [46]	60
Tabla 26 Estimación de la reducción de agentes contaminantes por los tratamientos escogidos. Fuente: elaboración propia	62
Tabla 27 Reducción adicional necesaria para cumplir con parámetros de vertido a cauce siguientes los tratamientos escogidos. Fuente: elaboración propia	63
Tabla 28 Equipos y maquinaria/instalaciones por actividad. Fuente: elaboración propia	142
Tabla 29 Valores de talud en función del tipo de terreno de cada sustrato. Fuente: edición propia	158
Tabla 30 Planes Hidrológicos y programas en ejecución. [64].....	164

Tabla 31 Matriz de impacto de la fase de obra del proyecto. Fuente: Edición propia	176
Tabla 32 Características desbaste proveedor Sahler. [53].....	190
Tabla 33 Rango de valores limitantes de requisitos de decantador. [73]	191
Tabla 34 Rango de valores limitantes de requisitos de decantador. [73]	194
Tabla 35 Valores recomendados de carga volumétrica en Lagunas Anaerobias, en función de la temperatura de diseño. [30]	197
Tabla 36 Valores recomendados de carga volumétrica en Lagunas Anaerobias, en función de la temperatura de diseño. [30]	199
Tabla 37 Valores recomendados de carga volumétrica en Lagunas Anaerobias, en función de la temperatura de diseño. [30]	202
Tabla 38 Valores recomendados de carga volumétrica en Lagunas Anaerobias, en función de la temperatura de diseño. [30]	204
Tabla 39 Resumen de cálculos. Fuente: Edición propia	208
Tabla 40 Composición estimada del efluente. Fuente: Edición propia	209

MEMORIA

MEMORIA

1. Antecedentes	19
1.1. Introducción.....	19
1.2. Tipo de ganado en España.....	20
1.3. Problemática.....	23
1.4. Clasificación general de los residuos ganaderos	24
1.5. Clasificación y caracterización de residuos ganaderos de origen bovino	24
2. Objeto	25
3. Situación y emplazamiento	26
4. Datos de partida.....	30
4.1. Características de la granja	30
4.2. Composición del efluente a tratar.....	31
4.2.1. Materia orgánica.....	31
4.2.2. Nitrógeno y fósforo	32
4.2.3. Sólidos en suspensión.....	32
4.3. Características del agua de salida	34
4.3.1. Características del vertido con destino a red de saneamiento.....	34
4.3.2. Vertido con destino a cauce	36
4.4. Caudal de agua residual generado	37
5. Estudio de alternativas	40
5.1. TRATAMIENTO PRIMARIO: Separación sólido-líquido	40
5.1.1. Sedimentación.....	40
5.1.2. Filtración	43
5.1.3. Centrifugación	45
5.1.4. Tratamiento primario escogido	46
5.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO: Tratamiento biológico	48
5.2.1. Lechos bacterianos o filtros percoladores	49
5.2.2. Discos biológicos	50
5.2.3. Lodos activados	52
5.2.4. Lagunaje.....	53
5.2.5. Humedales.....	57
5.2.6. Tratamiento secundario escogido.....	61
5.3. Elección del destino final del efluente tratado	62

6.	Descripción del proyecto.....	64
6.1.	Recogida de excreciones.....	65
6.2.	Pretratamiento.....	66
6.2.1.	Arqueta de llegada.....	66
6.2.2.	Aliviadero.....	67
6.2.3.	Pozo de gruesos.....	69
6.2.4.	Desbaste.....	69
6.3.	Decantación.....	71
6.4.	Lagunaje.....	73
6.5.	Recogida y llevado a red.....	76
6.6.	Línea de fangos.....	77
7.	Plan de obra.....	80
8.	Resumen del presupuesto.....	81
9.	Normativa.....	82
10.	Bibliografía.....	84

1. Antecedentes

1.1. Introducción

Como prólogo del tema es necesario presentar *el ciclo biológico de los nutrientes*. Este ciclo se da en un ecosistema formado por dos agentes, el suelo y la vegetación, siendo ambos beneficiarios de la existencia del otro. El suelo sirve como soporte físico y fuente de alimentación del segundo; la vegetación aporta desechos vegetales y animales que el suelo utiliza como materia orgánica para mantener su calidad. En un ecosistema no alterado, el ciclo biológico de los nutrientes es equilibrado, los vegetales se mineralizan, es decir, la materia orgánica se transforma, proporcionando las sustancias necesarias para las plantas.

La agricultura es la responsable del desequilibrio del ciclo. La recogida de las cosechas permite aprovechar los alimentos, sin embargo, reduce los restos vegetales necesarios para restablecer la materia orgánica que mantiene la calidad del suelo. Para compensar esta pérdida de materia orgánica y nutrientes, es necesaria su aportación externa. La ganadería expansiva fue la solución ideal, los animales aportaban de una manera aleatoria las excreciones animales, extendiendo materia orgánica a su paso.

El aumento del consumo de productos de la agricultura y ganadería potenció la producción de cultivos y granjas, rompiendo el equilibrio que se mantenía entre ambas. Las granjas se convierten en sistemas intensivos de producción; alejadas de los centros de cultivo, las excreciones que son más abundantes deben almacenarse y transportarse, aumentando el coste y reduciendo la productividad. Por otra parte, en el ámbito de la agricultura, comienzan a utilizarse los fertilizantes químicos, que más adelante se detallan las causas y consecuencias de su uso. [1]

1.2. Tipo de ganado en España

La ganadería española se encuentra dividida en función de la especie de ganado y la fase productiva y en función de la forma de explotación. A continuación, se presentan los grupos y subgrupos según su especie y fase productiva. [2]

- Ganadería bovina o vacuna
 - Bovina de leche
 - Vacas nodrizas
 - Terneras de reposición
 - Cría de bovino (1 a 4 meses)
 - Engorde de terneros
- Ganadería porcina
 - Cerda en ciclo cerrado
 - Cerda con lechones hasta destete (0-6 kg)
 - Cerda con lechones hasta 20 kg
 - Cerda de reposición
 - Lechones de 6-20 kg
 - Cerdo de engorde (20-50kg o 50-100 kg)
 - Cerdo de recebo (20-100kg)
 - Verraco
- Ganadería avícola
 - Avicultura de puesta (gallina ponedora, comercial o selecta)
 - Polluelos de recriar (100 días)
 - Engorde de pollos (48-50 días)
 - Engorde de patos
 - Engorde de codornices
 - Engorde de perdices
 - Engorde de pavos
 - Engorde de ocas
 - Engorde de avestruces
 - Avestruces adultas
- Ganadería ovina
 - Oveja de reproducción
- Ganadería equina
 - Caballo y yegua de reproducción
- Ganadería caprina
 - Cabrío de engorde
 - Cabrío de reproducción (con o sin producción lechera)
 - Cabrío de reposición
 - Cabrío de sacrificio
- Ganadería cunícola
 - Producción de conejo (madres, reposición, machos y engorde)

Además, en función de la forma de explotación se pueden dividir en,

- Ganadería extensiva: es el modelo más conservador de ganadería. Se fundamenta en la libre producción de manera natural, permitiendo mantener un sistema equilibrado que consume las deposiciones. La alimentación no es homogénea por lo que la calidad del producto y los subproductos que se obtienen tampoco lo es.
- Ganadería semiextensiva: se basa en la combinación de la ganadería extensiva e intensiva. Combina la libre alimentación de la ganadería extensiva con la suplementación alimenticia de la ganadería intensiva, lo que permite un tipo de ganadería más natural manteniendo una calidad mínima controlada.
- Ganadería intensiva: se basa en el concepto de la industrialización, para ello se crea de forma artificial un entorno con condiciones ideales para la producción en el menor tiempo posible. El entorno controlado permite una alimentación vigilada pudiendo obtener, aparte del producto deseado, subproductos con una composición prevista, por ejemplo, excreciones con aptitud fertilizante. Este fenómeno surge del aumento de la población junto con el consiguiente aumento de consumo de carne y, como consecuencia, de producción de excreciones. La ganadería industrial es la ganadería intensiva a gran escala, que permite el rendimiento máximo de la ganadería.

El tipo de ganadería dominante en la zona Norte de España es la bovina, del tipo intensiva. Esta ganadería se da como resultado de la industrialización, ya que la ganadería bovina se asienta en la zona Norte de España debido al clima y a los recursos pastables. Sin embargo, el afán de aumentar la productividad resulta en el reemplazo de las razas de ganado autóctonas por razas importadas y el tipo de explotación extensiva por intensiva.

A continuación, se presenta la evolución del ganado bovino en la zona norte de la última década. Se puede observar el descenso de la cabaña bovina, que tiene sentido poniendo en contexto la evolución e integración de la tecnología en la ganadería que permite mayores rendimientos.

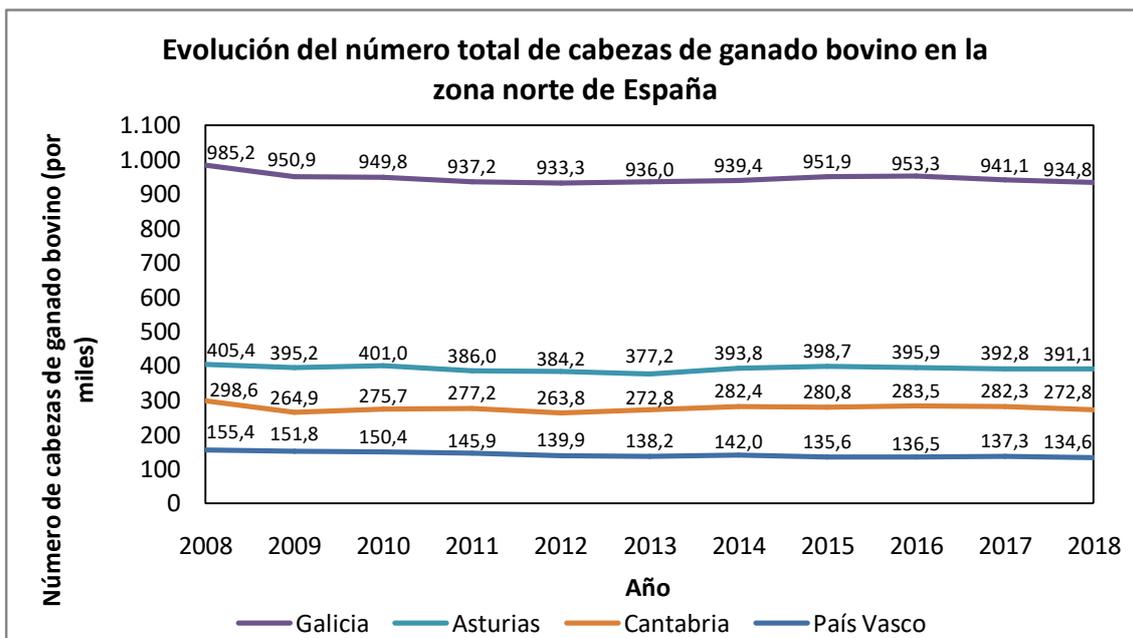


Figura 1 Evolución del número total de cabezas de ganado bovino en la zona norte de España. Fuente: Elaboración propia [3]

Este proyecto se centra en el País Vasco, dónde, desglosando los datos anteriores, se observa que en la última década la tendencia es claramente descendente.

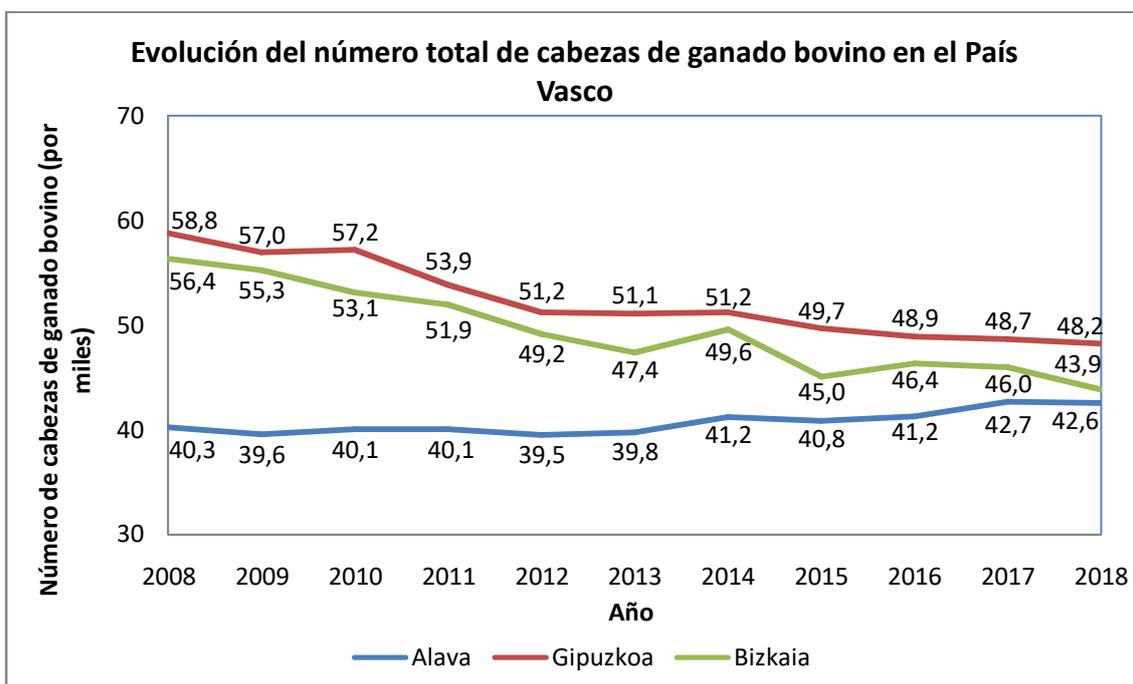


Figura 2 Evolución del número total de cabezas de ganado bovino en la zona norte de España. Fuente: Elaboración propia [4]

1.3. Problemática

La agricultura se basa en el cultivo de tierras para el crecimiento de vegetales. El crecimiento y calidad de estos, dependen del estado del sustrato en el que se encuentran. Para mejorar el estado nutricional del sustrato se riega de abono o fertilizante, que puede ser orgánico o inorgánico. Este último detalle es el punto clave que define la relación entre ambas actividades y su problemática.

La evolución de la agricultura en las últimas décadas con el mismo fin que la ganadería, aumentar la producción manteniendo los mismos medios. Para ello, se deja atrás el fertilizante orgánico, proveniente de la ganadería, para dar paso al inorgánico. Los factores detonantes de este cambio son los siguientes,

- Falta de homogeneidad en la composición de las excreciones animales, que no permite ofrecer un producto estable en la función fertilizante, frente al fertilizante inorgánico cuya receta es estricta.
- Falta de accesibilidad permanente al fertilizante orgánico. Para evitar el aumento de coste en transporte y en instalaciones de almacenamiento, es necesario que la ganadería y la agricultura tenga lugar en espacios próximos, situación que en muy pocos casos se da. Por ello, el aumento de costes hace incompetente al fertilizante orgánico frente al inorgánico.
- La variabilidad de la composición del fertilizante orgánico hace que se desconozca la proporción necesaria en cada suministro, por lo que, en cierto caso, la escasez de nutrientes supondría una pérdida en la producción y un exceso podría ser la contaminación del terreno por nitrógeno y fósforo que, al no absorberse por las plantas, el camino que tiene es la capa freática u otros cursos del agua.
- La ganadería extensiva presentaba los residuos en estado sólido, lo que permitía manipularse más fácilmente. En la actualidad, la ganadería intensiva forma un residuo más complejo que se recoge con la limpieza de la cuadra. Esto resulta en una mezcla de restos de alimento derramado en el suelo, excreciones sólidas y líquidas, restos de cama de los animales y finalmente, el agua a presión para limpiar todo. Este producto supone un mayor volumen para el mismo potencial de fertilización, con los costes que esto supone.
- El manejo de residuos ganaderos supone el desplazamiento de un producto que si se vertiese accidentalmente podría producir problemas de tipo sanitarios como transmisión de enfermedades por bacterias, virus, parásitos...

Una vez presentados los agentes que actúan en esta situación, la conclusión que se obtiene es que las excreciones animales, lejos de ser rentables en la agricultura, se convierte en un desecho más de la producción ganadera por lo que su único fin es ser tratado, para que no suponga un problema medioambiental. A continuación, se detallan los posibles residuos ganaderos que se pueden encontrar.

1.4. Clasificación general de los residuos ganaderos

Debido a la gran variedad de animales que se encuentran en la ganadería española, las excreciones que hay que analizar son muy variables, por lo que es necesario reunir las en función de las características que presentan. A continuación, se presentan las agrupaciones generales:

- **Estiércol sólido y semisólido:** Los residuos excretados por el ganado o las mezclas de desechos y residuos excretados por el ganado, incluso transformados.
- **Lisier:** Abono producido por ganado vacuno o porcino en alojamientos que no usan mucha paja u otro material para cama. El lisier puede oscilar entre un semisólido con el 12% materia seca (m.s.) o un líquido con el 3 - 4% m.s.
- **Purín:** Son las deyecciones líquidas excretadas por el ganado.

1.5. Clasificación y caracterización de residuos ganaderos de origen bovino

En la producción ganadera intensiva, el residuo que se obtiene es una mezcla entre el agua de limpieza, restos de alimento y cama, estiércol y purín. En el caso de la ganadería bovina, en el que es habitual utilizar cama de paja o serrín, se pueden diferenciar dos subproductos formados por la mezcla anterior, en función de la composición en materia seca [1]:

- **Purín:** parte líquida del residuo que se puede obtener de la mezcla del fluido del estiércol, agua de limpieza y de derrames del bebedero y aguas en general con un porcentaje de materia seca entre 1,5 y 12%, con una media de 6,5%.
- **Estiércol:** parte sólida del residuo que se puede obtener de mezcla de heces, orina, cama, pienso y agua de limpieza con un porcentaje de materia seca entre 14 y 30%, con una media de 21%.

Es importante remarcar que a lo largo de los siguientes documentos, el residuo que se va a tratar se denominará excreción, que es el conjunto de purín y estiércol. A lo largo del tratamiento, el residuo se volverá a disociar en función de la densidad, obteniendo la parte sólida como fango y la parte líquida como agua tratada.

2. Objeto

El propósito de este proyecto es el diseño y construcción de una planta para el tratamiento de las excreciones generadas en una granja bovina de 300 sementales, sita en Zamudio, suponiendo aforo completo de la misma.

Este objetivo general, se cumple llevando a cabo las siguientes actuaciones:

Primeramente, se plantean dos destinos finales de vertido diferentes que condicionan el tratamiento necesario.

Así, el vertido directo al cauce del río Asua, próximo a la granja, supone un tratamiento total del mismo. En este caso, el vertido debe cumplir las exigencias de URA – Agencia Vasca del Agua.

Además, se plantea verter el efluente tratado a la Red de Saneamiento Pública que termina en la EDAR de Galindo. En este caso, el tratamiento sería parcial y debería cumplir con las especificaciones que marca dicha planta para sus afluentes.

En segundo lugar, y teniendo en cuenta las características de la granja y su entorno, se estudian diferentes alternativas posibles de tratamiento eligiendo finalmente la mejor.

Por último, se analizan y desarrollan los cálculos necesarios para el diseño de la solución elegida y se plantean las actuaciones necesarias para llevar a cabo la construcción de la planta.

3. Situación y emplazamiento

Aberekin, S.A. es una empresa que se dedica a la reproducción de ganado vacuno de alta calidad genética que se encuentra en el municipio de Zamudio, Bizkaia. Esta granja se encuentra en un entorno industrial, integrada en el Parque Tecnológico de Bizkaia, alejado del centro urbano. Como se observa en las imágenes se encuentra rodeado de amplias zonas verdes que posibilitan la ubicación de los tratamientos que pueden abarcar grandes extensiones.



Figura 3 Emplazamiento general 2D.

Tal como se ve a continuación, la instalación se encuentra dividida en zona de laboratorios/oficinas y zona de establos. Los establos están ocupados por cabezas de ganado de distintas razas. En la actualidad, residen 130 sementales de leche y 120 sementales de carne, sin embargo, hay plazas para 300 piezas en total, por lo que el proyecto se planteará con la máxima capacidad.



Figura 4 Distribución de la granja. Fuente: Google Maps

Para el vertido del agua depurada será necesario diseñar la conexión del tratamiento con el cauce o con la red pública de saneamiento con destino a la EDAR. El recorrido actual de lecho fluvial y la red de saneamiento es:

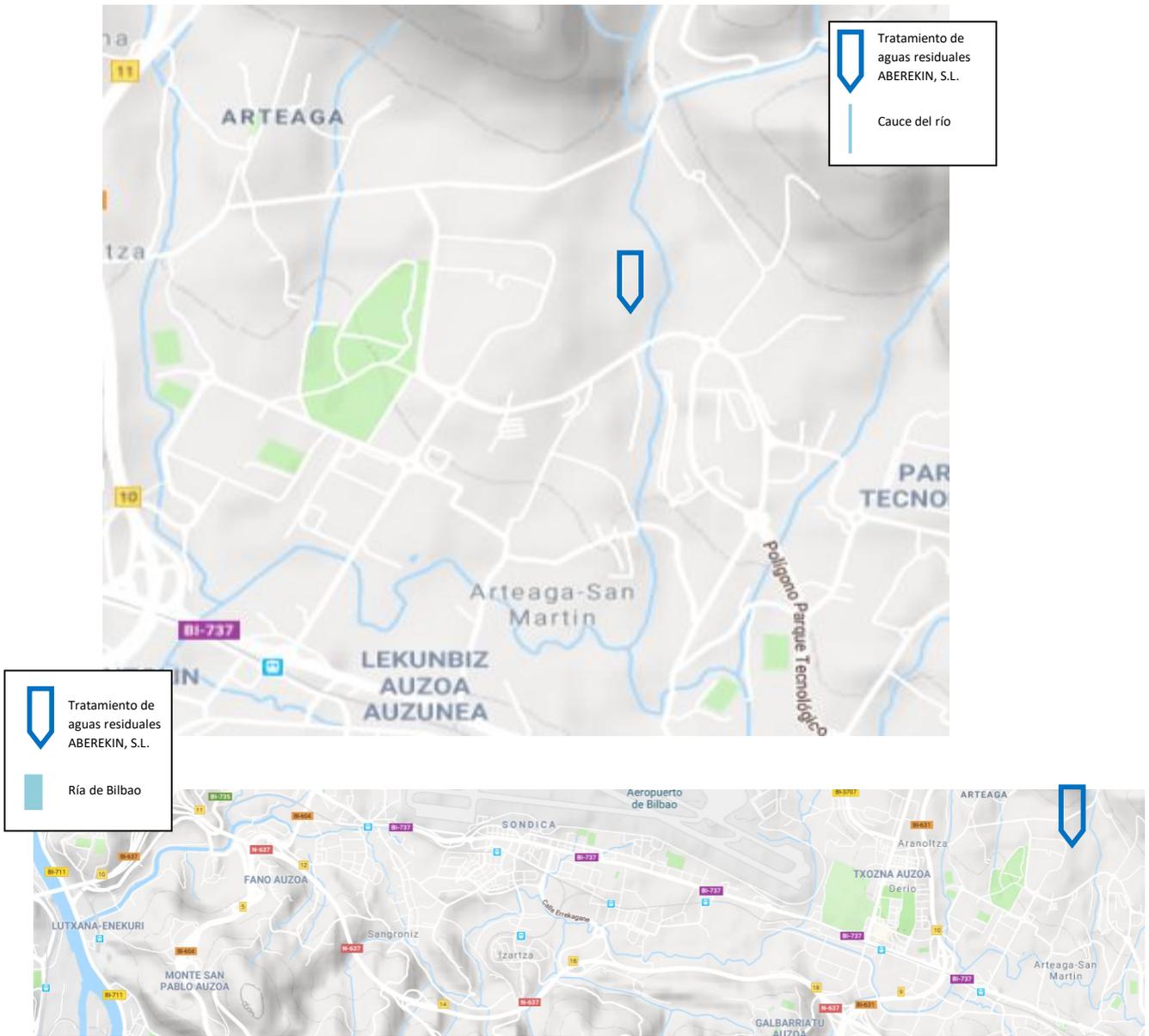


Figura 5 Situación del cauce respecto del emplazamiento del tratamiento. [5]

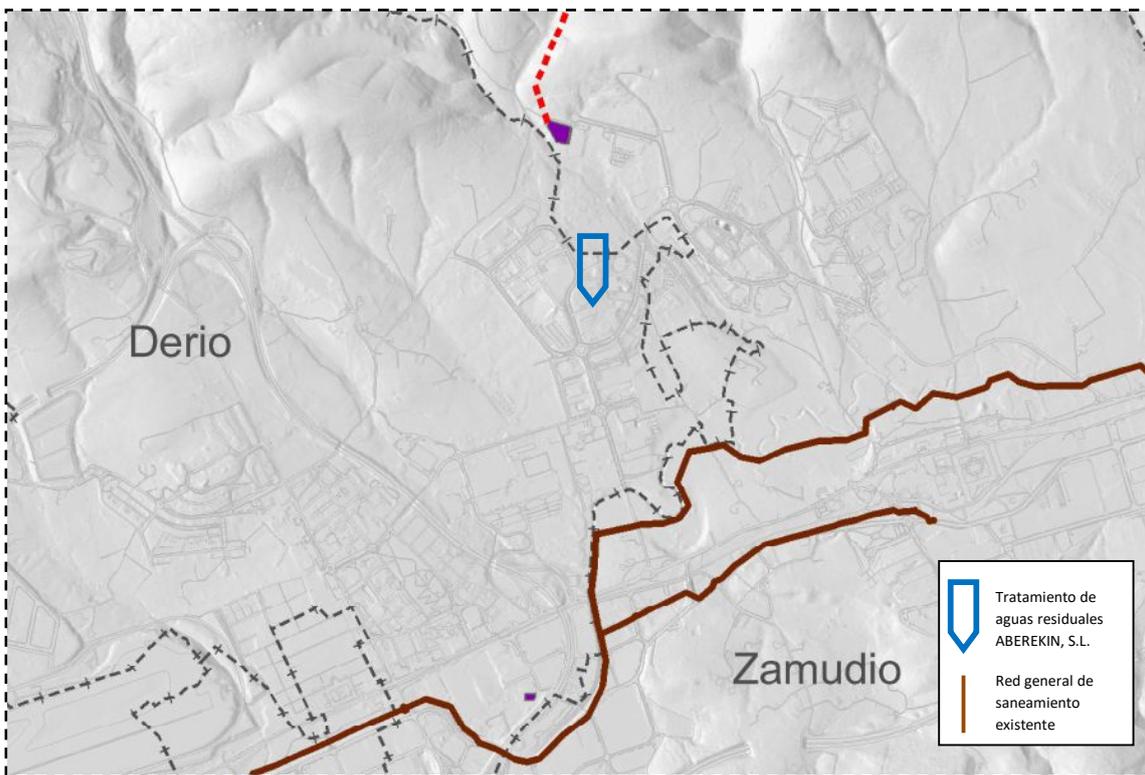
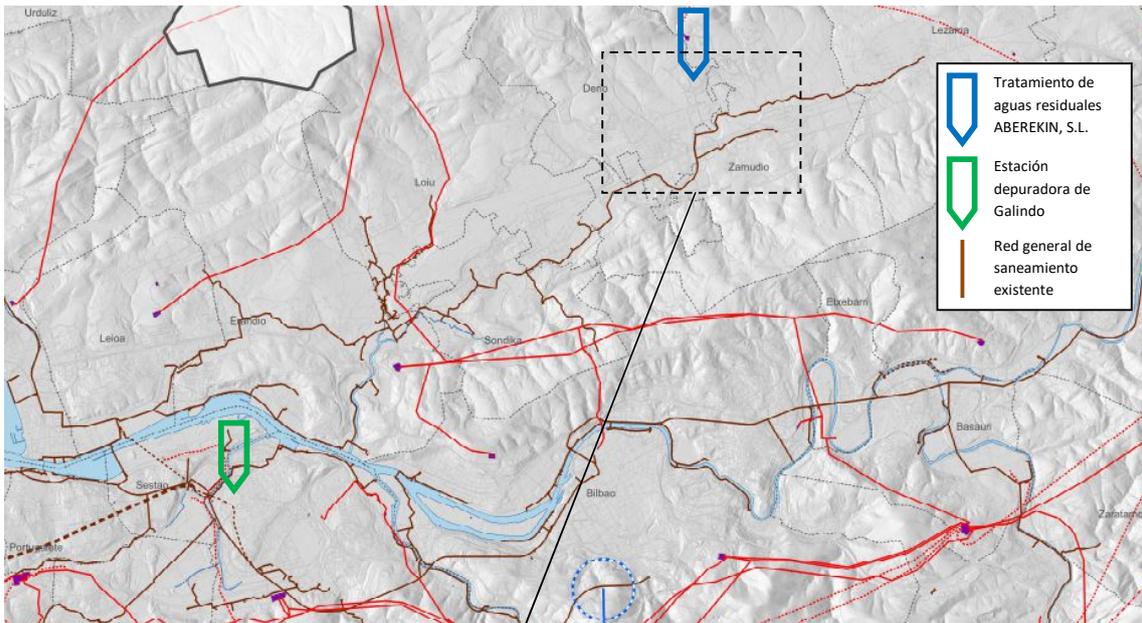


Figura 6 Situación del tramo de la red pública más cercana a la estación de tratamiento respecto del emplazamiento del tratamiento.

4. Datos de partida

4.1. Características de la granja

Las características más importantes de la granja objeto del proyecto son:

- Ocupación: inseminación artificial de vacuno de genética de alta calidad
- Instalaciones: 18.800 m² de zona de establos y pasto y 3.600 m² de laboratorio y oficinas
- Tipo de ganado: sementales de leche y carne
- Número de cabezas actual: 130 sementales de leche y 120 sementales de carne
- Capacidad: 300 plazas

4.2. Composición del efluente a tratar

Como las aguas residuales no se van a utilizar con una función fertilizante, los nutrientes forman parte de la carga contaminante. El potencial contaminante se puede dividir en dos grandes grupos: contaminación química y contaminación orgánica. La química está formada por compuestos de Nitrógeno y Fósforo; la orgánica por Compuestos orgánicos fundamentalmente biodegradables.

Estos elementos pueden ser asimilados por el medio en valores reducidos. Podrán ser mayores para vertidos puntuales ya que permite la recuperación una vez digerido el vertido. Sin embargo, el vertido continuado supone valores que no pongan en riesgo la integridad del medio receptor. Los principales componentes contaminantes del agua y sus consecuencias son:

- Materia orgánica
- Nitrógeno y Fósforo
- Sólidos en suspensión

A continuación, se analizarán los problemas que pueden ocasionar al cauce receptor el vertido de aguas con los contaminantes citados anteriormente.

4.2.1. *Materia orgánica*

Los riesgos que presenta el vertido con alto contenido en **materia orgánica** son:

- El oxígeno disuelto en el cauce natural se encuentra en proporción insignificante comparado con el necesario para la oxidación de la materia orgánica proveniente de aguas residuales de ganadería.
- El consumo de oxígeno para su descomposición, en caso de no poder restablecerse, supone que la fauna y flora del cauce que vive del mismo podría desaparecer. Además, el sistema aerobio podría convertirse en anaerobio produciéndose gases contaminantes y tóxicos.
- La degradación del ecosistema produciría la eutrofización de las aguas, que finalmente dejaría de recibir radiación solar por la turbidez de la capa superficial del medio acabando de aniquilar el sistema acuático.

Los parámetros más importantes para medir la materia orgánica son DQO y DBO.

- DQO (demanda química de oxígeno): es una unidad de medida de contaminación que representa la cantidad de materia orgánica, biodegradable y no biodegradable, que puede ser oxidada por un reactivo químico. Se mide en $mg O_2/L$.
- DBO (demanda biológica de oxígeno): es una unidad de medida de contaminación que representa la cantidad de materia orgánica biodegradable que puede ser oxidada biológicamente. Se mide en $mg O_2/L$.

4.2.2. Nitrógeno y fósforo

Entre los compuestos contaminantes del **nitrógeno** el más importante es el amoniacal. El nitrógeno amoniacal se produce por la descomposición de los compuestos nitrogenados. Esta sustancia se encuentra en el medio natural como parte del ciclo del nitrógeno, sin embargo, un vertido con alto contenido de nitrógeno, no se puede degradar completamente. La consecuencia más importante es la eutrofización del cauce. El **fósforo**, aunque es menos abundante, actúa de manera conjunta con el nitrógeno, como responsables de la eutrofización. Una explicación sencilla de este proceso de contaminación se puede resumir en los siguientes pasos [7]:

- Vertido de agua residual con alto contenido en nutrientes, compuestos de N y P.
- Producción excesiva de algas y plantas, por tener accesos a más alimento.
- Aumenta la densidad de algas y plantas en el cauce, dificultando la entrada de radiación solar, necesaria para la fotosíntesis.
- Destrucción del fitoplancton del fondo, que se descompone por las bacterias aerobias que consumen el oxígeno disuelto del agua.
- Al no haber oxígeno suficiente, los peces desaparecen.
- Comienza la descomposición anaerobia, que produce gases tóxicos.
- Tras un tiempo, la materia descompuesta se convierte en sedimentos que reducen la profundidad hasta hacer desaparecer el medio acuático a largo plazo.

4.2.3. Sólidos en suspensión

Los **sólidos suspendidos** están formados por materia orgánica y nutrientes encapsulados que en un cauce natural no se diluyen y permanecen suspendidos a diferente altura en función de la densidad. Los peligros que pueden presentar son físicos (por las partículas brutas) y biológicas (por las partículas degradadas).

En primer lugar, la sedimentación durante el transporte puede dar problemas, como reducción de profundidad u obstrucción a lo largo del recorrido del cauce. Por otra parte, el oxígeno disuelto del cauce y la materia orgánica contenida en las partículas permite el desarrollo y reproducción de las bacterias aerobias. A la larga, al igual que en el caso de los vertidos de materia orgánica disuelta, puede darse la eutrofización del cauce [9].

Al igual que ocurre con las cantidades de excreciones producidas, su composición es muy variable en función de la dieta, el volumen de agua de limpieza, la edad del animal. Los estudios presentan los siguientes valores:

	PH	SS	N-NH4	Nt	Pt	DQO	DBO5
	Adim.	mg/L					
Domingo Merino Merino y Nagore Berano Urdangarin. [9]	-	-	1.598,1	4.000	920	97.097	-
R. DiazRodriguez, F. y Minhorst, [10]	-	-	-	4.300	1.700	60.000	15.000
Sector de explotaciones ganaderas. Junta de Andalucía. [11]	6,9-7,9	60.000-70.000	-	3.000-3.700	1.280-2.850	38.000-42.000	10.000
GEDAR. Gestión de Aguas y Residuos. [12]	-	-	-	3.500-5.000	-	60.000	20.000
E. Marañón Maison, H. Sastre Andrés, L. Castrillón Peláez, J.M. González Prendes, J. Pertierra Menéndez, J. Berrueta Jiménez. [13]	-	-	-	2.940-3.360	2.320-7.785	-	-
Beloso y Carballas. [1]	7,5-8	-	-	4.970	2.530	-	-
Thibaudeau. [1]	-	-	2.625	5.825	2.625	-	-
SODEMASA S.A.U. [14]	-	70.000	5.000	6.000	1.500	50.000	30.000
Germán Antonio Expósito Vélez. [10]	7,6-8,1	35.500-42.500	-	3.000-3.500	1.200-2.000	32.000-36.000	-
MEDIA	7,7	55.600	3.074,4	4.084,2	2.428,2	59.300	18.750

Tabla 1 Composición según autor de residuo ganadero. Fuente: Elaboración propia

Observando la variabilidad de los valores, es necesario escoger una composición acorde a las características de esta producción ganadera en particular. Sin embargo, al no conocer el entorno de los estudios de la Tabla 1, se supone la media aritmética de los valores anteriores como la aproximación más exacta para este proyecto.

Parámetro limitante	Ud	Valor
PH	-	7,7
SS	mg/L	55.600
N-NH4	mg/L	3.074,4
NT	mg/L	4.084,2
PT	mg/L	2.428,2
DQO	mg/L	59.300
DBO5	mg/L	18.750

Tabla 2 Composición para el residuo ganadero de este proyecto. Fuente: Elaboración propia a partir de los autores referenciados.

4.3. Características del agua de salida

Los requisitos que debe de cumplir el residuo ganadero en la salida de su tratamiento dependerán del lugar de vertido. En este trabajo se contemplan dos situaciones de vertido diferentes:

- **Vertido a red de saneamiento pública.** Se debe conducir el vertido tratado desde la salida del tratamiento hasta la red de saneamiento pública que acaba en la EDAR de Galindo. En la estación se realizará la depuración final para que el vertido cumpla los requisitos de vertido al cauce.
- **Vertido directo a cauce.** Se debe conducir el efluente del tratamiento a un afluente del río Asúa colindante a la parcela de la instalación. En este caso la institución pública responsable del control de los vertidos a la red hidrográfica del País Vasco es URA – Agencia Vasca del Agua.

El vertido al cauce es la solución más económica, sin embargo, requiere realizar un tratamiento más completo del residuo porque los requisitos que debe cumplir son más estrictos. A continuación, se exponen los límites de emisión de vertido que permiten las dos opciones contempladas en el trabajo.

4.3.1. Características del vertido con destino a red de saneamiento

La red de saneamiento público es una estructura compleja para la recogida de aguas grises de origen urbano e industrial formada por, en orden de recogida a tratamiento final: acometida, alcantarillado, colector secundario, colector primario, aliviadero de tormentas, interceptores y estación depuradora. La configuración necesita un control estricto de la carga contaminante y los caudales que se vierten a la red, para no poner en riesgo la instalación.

El Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia es la entidad encargada de la red de saneamiento pública. El consorcio redacta una ordenanza reguladora de la prestación de servicio de saneamiento en el que expone los siguientes valores límite de emisión:

Parámetro	UD	Valor límite
Temperatura	°C	45
PH	Adim	6-9,5
Sólidos suspendidos totales	mg/L	600
NT	mgN/L	300
Aceite y/o grasas	mg/L	300
Aceites minerales	mg/L	50
Detergentes	mgLAS/L	40
Cianuros totales	mg/L	2
Sulfuros	mg/L	2

Cloruros	mg/L	2.000 (total de la red)
Sulfatos	mg/L	1.500
Fluoruros	mg/L	50
Fenoles	mg/L	50
Arsénico	mg/L	1,5
Antimonio	mg/L	0,5
Bario	mg/L	20
Cadmio	mg/L	1,5
Cromo total	mg/L	7,5
Cromo total (media diaria)	mg/L	0,75
Cromo hexavalante	mg/L	0,5
Cobre	mg/L	7,5
Estaño	mg/L	10
Hierro	mg/L	30
Mercurio	µg/L	50
Níquel	mg/L	5
Plata	mg/L	1
Plomo	mg/L	3
Selenio	mg/L	5
Zinc	mg/L	15
Bioluminiscencia de Vibrio fischeri	Equitox/m3	50

Tabla 3 Requisitos para agua residuales de origen industrial según Normativa del Consorcio de Aguas. Fuente: Elaboración propia

De la lista anterior, los parámetros que se pueden ver afectados para aguas de origen ganadero, según las características que poseen y que se han analizado anteriormente, son:

PH	SS	NT
adim	mg/L	mg/L
6-9,5	600	300

Tabla 4 Requisitos para vertido de este proyecto. Fuente: Elaboración propia

La ordenanza no diferencia las sustancias contaminantes para vertidos de diferentes orígenes. Los vertidos de origen ganadero se caracterizan por el alto contenido de nutrientes, definidos por parámetros como DBO o DQO. Por ello, se consulta con un técnico del Área de Control de Vertidos de Consorcio de Aguas, que aclara que ese tipo de sustancias se depuran en la estación depuradora porque está altamente cualificada para vertidos con elevado contenido en nutrientes.

4.3.2. Vertido con destino a cauce

Esta aplicación es más sensible que la anterior ya que el vertido no va a recibir ningún tratamiento final después del trasvase al cauce. En este caso, según el Real Decreto 508/2007, para el vertido es necesario cumplimentar una documentación previa para que la Agencia Vasca del Agua conceda la autorización del vertido y defina los límites del vertido, que se controlarán periódicamente mediante muestreo.

La ganadería intensiva, que aparece en el listado de categorías de actividades e instalaciones del Real Decreto 508/2007, no hace referencia a la ganadería vacuna:

"9.3 Instalaciones destinadas a la cría intensiva de aves de corral o de cerdos que dispongan de más de:

a) 40.000 plazas si se trata de gallinas ponedoras o del número equivalente en excreta de nitrógeno para otras orientaciones productivas de aves de corral.

b) 2.000 plazas para cerdos de cebo de más de 30 kg.

c) 750 plazas para cerdas reproductoras."

Además, al ser un proyecto en estudio, no es posible pedir la Autorización para conocer los valores límite de emisión, por lo que se asimilan los límites de las aguas residuales urbanas del Real Decreto 509/1996, que coinciden con los parámetros restrictivos típicos del agua residual de origen ganadero, pero con valores de carga contaminante más restrictivos. Estos valores pueden tomarse como la concentración o el porcentaje de reducción mínima:

DBO5		DQO		SS		Pt (10.000-10.0000 h-e)		Nt (10.000-10.0000 h-e)	
mgO2/L	% mínimo de reducción	mgO2/L	% mínimo de reducción	mg/L	% mínimo de reducción	mg/L	% mínimo de reducción	mg/L	% mínimo de reducción
25	70-90	125	75	35	70	2	80	15	70-80

Tabla 5 Requisitos de aguas residuales urbanas para vertido a cauce según Real Decreto 508/2007.
Fuente: Elaboración propia

4.4. Caudal de agua residual generado

Las excreciones son variables no sólo en composición sino también en cantidad. Esta depende de la composición de la alimentación, de la forma de explotación, de la raza, del clima, de la estación del año y de forma indirecta, de muchos otros factores, por lo que cada autor presenta un valor diferente. A continuación, se presentan varios autores los valores de referencia tomados por ellos para el cálculo del caudal:

- Sainz Moreno, L. y Compaire Fernández, C. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Gobierno de España. [15]
 - Terneros 16 kg sólido/cabeza*día y 10 kg líquido/cabeza*día.
 - Resto 22 kg sólido/cabeza*día y 12kg líquido/cabeza*día.
- Manual de la aplicación ganadera GDR. gestión de las excreciones ganaderas y fertilizantes nitrogenados [16]
 - Bovino de leche: 14 m³ purín/plaza/año y 18 t estiércol/plaza/año.
 - Vacas nodrizas: 9 m³ purín/plaza/año y 12 t estiércol/plaza/año.
 - Terneras de reposición: 5,5 m³ purín/plaza/año y 7 t estiércol/plaza/año.
 - Cría de bovino: 0,5 m³ purín/plaza/año y 0,7 t estiércol/plaza/año.
 - Engorde de terneros: 3,6 m³ purín/plaza/año y 4 t estiércol/plaza/año.
- Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia. Conserjería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua. [1]
 - Vaca lechera 45 l excreciones/día, 12-18 m³ purín/plaza/año y 16-20 m³ estiércol/plaza/año.
 - Ternera 25 l excreciones/día, 7-9 m³ purín/plaza/año y 9-12 m³ estiércol/plaza/año.
 - Añejo 30 l excreciones/día, 9-11 m³ purín/plaza/año y 9-12 m³ estiércol/plaza/año.
 - Ternera carne 12 l excreciones/día, 3-5 m³ purín/plaza/año y 3-4 m³ estiércol/plaza/año.
- Seoáñez Calvo. [15]
 - Bovino mayor: 15 kg purín/cabeza*día y 30 kg estiércol/cabeza*día.
 - Bovino menor: 5,8 kg lisier/cabeza*día.
- Generación de residuos de ganadería vacuna en Asturias. [13]
 - Bovino de reproducción: 55 kg estiércol fluido/cabeza*día
- Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Comunidad Autónoma de Canarias. [17]
 - Purín: 6000L/día
 - Estiércol: 2625 L/día
- Cuantificación y caracterización de los residuos ganaderos de Gipuzkoa. [18]
 - Explotación A.1.
 - Excreciones: 27.288 L/día
 - Explotación A.2.

- Excreciones: 29.520 L/día
- Explotación B
 - Excreciones: 42.279 L/día
- Explotación C.1.
 - Excreciones: 22.620 L/día
- Explotación C.2.
 - Excreciones: 32.592 L/día

Debido a la gran variedad de valores es difícil compararlos y, por ello, a continuación se ha calculado la producción diaria correspondiente a una ganadería de 300 cabezas de bovino de reproducción, con una densidad de estiércol de 0,8 Tn/m³ y de purín de 0,95 Tn/m³ [16] y el valor escogido.

	Volumen purín (L/día)	Volumen estiércol (L/día)	Total (L/día)
Sainz Moreno, L. y Compaire Fernández, [15]	3.790	8.250	12.040
Manual de la aplicación ganadera GDR. Gestión de las excreciones ganaderas y fertilizantes nitrogenados [16]	4.520	7.190	11.710
Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia. Conserjería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua. [1]	13.592		13.592
Seoanez Calvo. [15]	4.500	8.250	15.990
Plan de Gestión de residuos ganaderos de la Comunidad Autónoma de Aragón. [13]	8.625		8.625
Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Comunidad Autónoma de Canarias[17]	6.000	2.625	8.625
Explotación A.1. Cuantificación y caracterización de los residuos ganaderos de Gipuzkoa. [18]	27.288		27.288
Explotación A.2. Cuantificación y caracterización de los residuos ganaderos de Gipuzkoa. [18]	29.520		29.520
Explotación B. Cuantificación y	42.279		42.279

caracterización de los residuos ganaderos de Gipuzkoa. [18]		
Explotación C.1. Cuantificación y caracterización de los residuos ganaderos de Gipuzkoa. [18]	22.620	22.620
Explotación C.2. Cuantificación y caracterización de los residuos ganaderos de Gipuzkoa. [18]	32.592	32.592
	Máximo (L/día)	42.279

Tabla 6 Caudales según autor y clasificación del residuo ganadero. Elaboración propia a partir de los autores referenciados. Fuente: Elaboración propia

Analizando la variabilidad de las características de cada estudio de los autores anteriores, se determina que, sin la posibilidad de realizar un estudio por muestreo, la opción más fiable es el valor máximo de la columna de totales, obtenido de la suma de purín y estiércol, como el volumen de excreciones que se va a tratar en este proyecto. Por lo tanto, el valor elegido para este proyecto es 42.279 L/día.

5. Estudio de alternativas

5.1. Tratamiento primario: Separación sólido-líquido

La Jefatura de Estado define mediante el Real Decreto Ley 11/1995 los tratamientos primarios como "El tratamiento de aguas residuales mediante un proceso físico o físico-químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO5 de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos, en un 50 %".

Así, el tratamiento primario se centra en la eliminación de sólidos en suspensión. Éstos, en las aguas residuales del presente trabajo, están formados en su mayoría de materia orgánica biodegradable.

Entre los tratamientos primarios más habituales para residuos procedentes de ganadería se encuentran los siguientes [1]

5.1.1. Sedimentación

El sedimentador o decantador tiene como función separar los sólidos en suspensión que sedimentan al reducir la velocidad del flujo, por acción de la gravedad. Los sólidos que sedimentan son los que tienen una densidad mayor que el agua. Además de eliminar los sólidos en suspensión, el agua depurada reduce su DBO5, ya que parte de la fracción orgánica se encuentra en las partículas.

El rendimiento de este tipo de tratamientos depende del tamaño de las partículas de los sólidos en suspensión. Las partículas se clasifican en función del tamaño:

- Sólidos disueltos (<1mm)
- Partículas coloidales (1-20 mm)
- Sólidos finos (20-1.000 mm)
- Sólidos gruesos (1.000-5.000 mm)
- Fibras (>5.000 mm)

Sólo las de tamaño mayor a 1 mm sedimentan por gravedad, esto se debe a que las fuerzas que actúan en las partículas son:

- Gravedad: ayuda a la decantación.
- Carga superficial: permite que las partículas se repelan entre sí y se mantengan suspendidas.

En el caso de las partículas menores a 1 mm, la carga superficial supera a la gravedad por lo que no decantan o tardan mucho en decantar, por lo que para aumentar rendimiento de depuración es necesario agregar coagulante y floculante. La aportación de coagulante permite que las partículas se neutralicen perdiendo la carga eléctrica y el coagulante aglomera las partículas, que, aumentando su peso, sedimentan por la gravedad.

En lo referente al rendimiento de eliminación de los nutrientes, N y P, se encuentran en su mayoría en la fracción más pequeña de partículas. Por lo tanto, si se pretende eliminar en esta fase sería necesaria una eficacia muy alta de eliminación, recogiendo un efluente líquido más depurado.

Existen dos tipos de decantadores en el mercado: los estáticos y los dinámicos. En el tratamiento de aguas residuales de volumen elevado de sólidos en suspensión (como es el caso del presente estudio), es común el uso de decantadores estáticos. Frente a los decantadores dinámicos, los estáticos necesitan menos mecanismos y flujos específicos para potenciar la sedimentación.

A pesar de existir variedad en la configuración de los decantadores estáticos, éstos contienen partes comunes en las que se realizan las funciones básicas necesarias:

- Zona de entrada y distribución del agua
- Zona de sedimentación
- Zona de salida de agua
- Zona de depósito y/o recogida de lodos

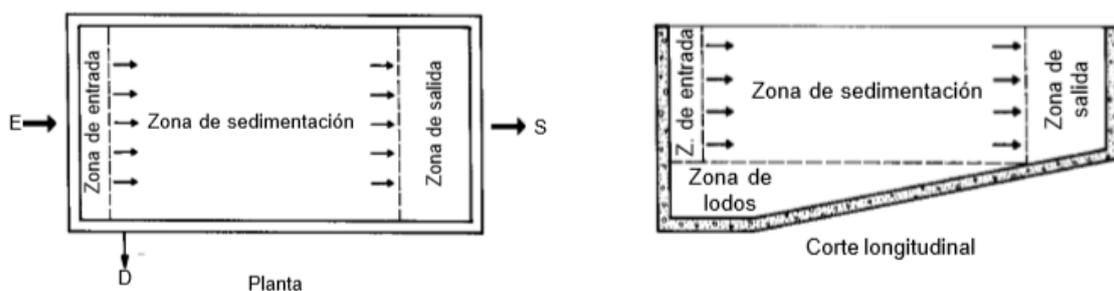


Figura 7 Zonas de un decantador estático tipo. [19]

Los sedimentadores estáticos se pueden clasificar en función de la forma como:

- **Rectangular:** se trata de una instalación con entrada y salida en extremos opuestos y zona de sedimentación entre ambos extremos (figura 8). Los lodos se depositan en el fondo y se arrastran de manera mecánica hasta el canal de recogida (figura 8). El arrastre de los lodos se realiza mediante cadena, puente o rasquetas barrelos. La relación de longitud/ancho se encuentra entre 3 y 6 con una profundidad de 2,5 a 4 metros.

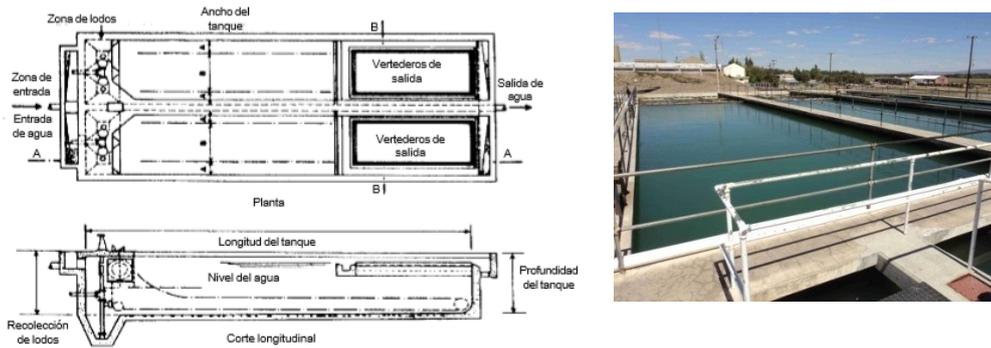


Figura 8 Decantador rectangular. [20]

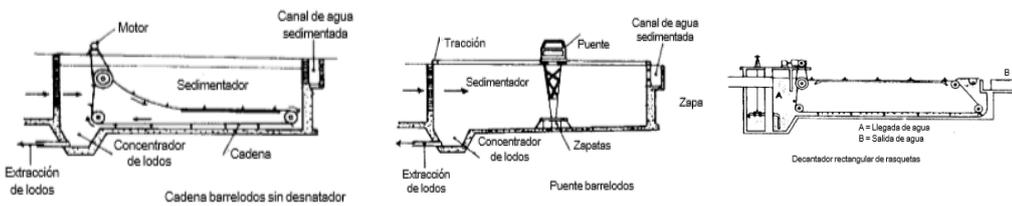


Figura 9 Tipos de arrastre de lodos: a) Cadena, b) puente y c) rasquetas barrelodas. [20]

- Circular:** La entrada del vertido se suele dar por el centro de la unidad y el agua depurada se recoge por todo el extremo perimetral que está provisto de canaletas. Referente a los lodos, el fondo es inclinado hacia el centro para el deslizamiento de las partículas sedimentadas. Sin embargo, es necesaria la utilización de utensilios para empujarla a la recogida de lodo. La profundidad tiene un rango entre 2 y 3,5 metros. En este tipo de instalación la recogida de lodos se hace mediante puente de rasquetas de fondo o con una inclinación del fondo $\geq 60^\circ$. [21]



Figura 10 Sedimentador circular. [21]

Los sedimentadores expuestos anteriormente se presentan como una de las elecciones habituales para el tratamiento primario de aguas residuales, sin embargo, presentan las siguientes ventajas e inconvenientes:

Ventajas	Inconvenientes
<p>Es una instalación sencilla que requiere mantenimiento fácil.</p> <p>La sedimentación se realiza reduciendo la velocidad del flujo por lo que se evita el uso de bombas, turbinas o similares, junto con los costes que conllevan.</p> <p>El recorrido del fluido en la zona de sedimentación se realiza en una superficie amplia por lo que no es necesaria una limpieza tan estricta de cavidades.</p>	<p>Las elevadas concentraciones de materia en suspensión repercuten en la calidad de efluente. La solución es limitar los caudales de aguas residuales o purgar los lodos con mayor frecuencia.</p> <p>Puede provocar malos olores o fango flotante, que se elimina aumentando la frecuencia de purga.</p>

Tabla 7 Ventajas e inconvenientes de los sedimentadores primarios. [21]

Tal y como se ha comentado anteriormente, con la remoción de las partículas se reducen los sólidos en suspensión y la concentración de materia orgánica. Así, con una sedimentación primaria se puede obtener los siguientes rendimientos de eliminación:

SS	DBO5
≥60%	≥30%

Tabla 8 Rendimientos de eliminación de un sedimentador primario.[21]

5.1.2. Filtración

La instalación característica de este tipo de tratamientos es el tamiz. El tamiz es un tipo de malla que permite el paso del líquido y las partículas más pequeñas en función del tamaño poro. Las partículas de mayor tamaño se retienen y finalmente se recogen con una rasqueta. La fuerza que actúa en la filtración es la gravedad. Los productos que se obtienen son aguas tratadas con menor contenido en partículas suspendidas y, como en la sedimentación, en materia orgánica.

Los diseños de filtración más habituales son:

- **Estático:** el tamiz forma la base del recorrido natural que haría el agua a tratar debido a la gravedad. La fracción líquida pasa por los poros, vertiéndose por la parte inferior de la malla, y la sólida se retienen mientras se va deslizando hasta la recogida. La ventaja es que es el tipo más simple y

su limpieza y mantenimiento es sencilla, sin embargo, necesita gran altura para permitir el efecto de la gravedad.

- **Vibrador:** el efluente a tratar se introduce por la parte superior a una cama de malla con una rápida oscilación que ayuda a la filtración de las partículas por el tamiz, además de deslazar las partículas mayores a su exterior para su recogida. La vibración potencia el efecto de la gravedad por lo que, al contrario que en el caso de la filtración estática, la altura de la instalación es más reducida.
- **Rotativo:** este tipo de filtrador funciona en disposición vertical con un tambor de malla que por el movimiento rotativo añade a la gravedad el efecto de la fuerza centrífuga. La forma de trabajo es introducir el afluente de tal manera que recorra la superficie del tambor. Las partículas más grandes se desplazan por la parte superior de la malla hasta su recogida mediante una rasqueta, y la fracción líquida y de menor tamaño traspasa el tamiz y se recoge en la parte central. De la separación se obtienen los lodos denominados torta de filtración y el agua depurada.

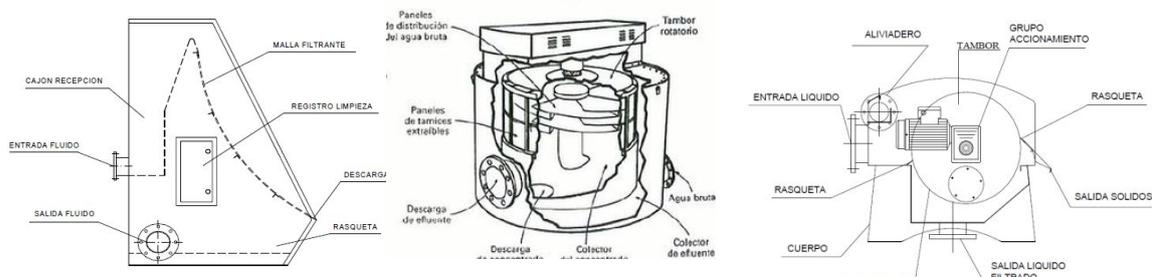


Figura 11 . Filtración. Tipos: a) Tamiz estático b) Tamiz vibrador c) Tamiz rotativo. [22] [23]

La filtración es un tratamiento delicado que necesita de un mantenimiento continuo para que no se obstruya el tamiz. Además, el tratamiento presenta los siguientes inconvenientes y ventajas:

Ventajas	Inconvenientes
<p>Elevada eficiencia de separación</p> <p>Se puede llevar a cabo a temperatura ambiente y de forma continua</p> <p>Es un proceso medioambientalmente sostenible, con consumo de energía reducido y sin necesidad de reactivos químicos.</p> <p>Es un tratamiento compatible con cualquier tratamiento posterior.</p> <p>La instalación es compacta.</p>	<p>Los filtros suponen un alto coste y la durabilidad es reducida.</p> <p>En función de la composición del agua a tratar, la membrana puede presentar problemas de degradación, ensuciamiento o polarización.</p>

Tabla 9 Ventajas y deventajas de la filtración. [24]

La filtración presenta los siguientes rendimientos:

Tamaño de poro	SS	NT	PT
mm	%		
3	56	49	49

Tabla 10 Rendimiento de filtración para aguas residuales de origen bovino. [25]

5.1.3. Centrifugación

La centrifugadora se basa en la separación mediante fuerza centrífuga de aguas residuales de alto contenido en sólidos. Las centrifugadoras están formadas por una cámara cilíndrica horizontal que contiene un tornillo helicoidal ajustado perfectamente a la pared del cilindro. Ambas piezas giran sobre el mismo eje, pero a velocidades diferentes. El vertido entra por un lateral y avanza por el tornillo helicoidal al mismo tiempo que la fuerza centrífuga lo empuja hacia el exterior. El espacio mínimo que queda entre el cilindro y las crestas del tornillo sólo permite el paso del agua, por lo que las partículas son arrastradas por el tornillo para recogerlas por el lado opuesto de la recogida del líquido.

La densidad de las partículas, como en los tratamientos anteriores, es una cualidad limitante de la calidad del agua depurada. Si las partículas son de baja densidad o de tamaño pequeño, es necesario aumentar la velocidad del tratamiento, para que la fuerza centrífuga permita que las partículas en suspensión se mantengan en la superficie del cilindro y sean arrastradas por el tornillo.

Según se analizan más tratamientos primarios, aumenta la complejidad de los mismos. Esto permite el tratamiento de un rango mayor de partículas, sin embargo, puede presentar inconvenientes además de las ventajas:

Ventajas	Desventajas
<p>Permite tratar flujo continuo. La variación de carga contaminante y caudal no afecta al tratamiento.</p>	<p>La instalación es compleja, esto supone la necesidad de un mantenimiento constante. Al ser un dispositivo mecánico, el fallo supone detener la planta completa. Para evitar este problema, es necesario realizar revisiones preventivas. El coste de operación es alto.</p>

Tabla 11 Ventajas y desventajas de la centrifugación. [26]

A continuación, se presentan los rendimientos de varios autores en función de la velocidad de centrifugación

Velocidad de centrifugación	MS	NT	PT
g	%		
1500	86	-	83
2200	63	29	55
4100*	65	49	82
4100*	55	27	79
4100*	44	23	48

Tabla 12 Rendimiento de centrifugación para aguas residuales de origen bovino. * Diferentes autores

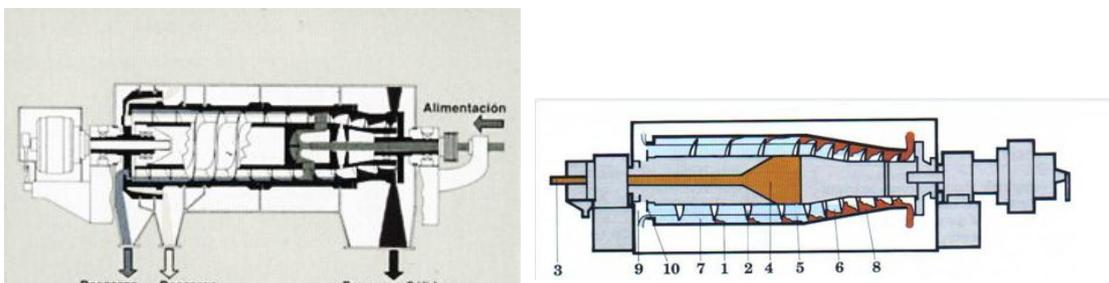


Figura 12 Centrifugación. [27] [28]

5.1.4. Tratamiento primario escogido

Después de analizar los tratamientos de separación sólido-líquido más habituales, la elección más valorada para depurar aguas residuales de origen vacuno es la sedimentación. Esta opción permite mantener la sencillez del conjunto de tratamientos escogidos en este proyecto. Esta característica es sumamente importante por la composición del agua a tratar, que podría dañar cualquier instalación sensible a la obstrucción, como es la filtración.

Por otra parte, un objetivo adicional es el uso de tratamientos no convencionales, con el fin del ahorro en energía durante la operación. Según este razonamiento se tienen dos extremos claramente enfrentados como son la centrifugación y la decantación. En el primer caso, la instalación necesita de varios motores que hacen rotar el tornillo helicoidal y la cámara cilíndrica. La decantación, produce la separación de los sólidos al reducir la velocidad del residuo, a través de la gravedad, sin necesidad de motores ni energía eléctrica.

Entre las ventajas se encuentra que un sedimentador es una instalación sencilla que sólo requiere de equipamiento para la recogida de lodos, lo que permite el manejo por parte de trabajadores no especializados y bajo coste de mantenimiento. Además es una instalación versátil, ya que existe variedad de tamaños que pueden adaptarse a un considerable rango de caudales.

Por lo general, los sedimentadores circulares son más adecuados para plantas pequeñas ya que el mecanismo de remoción de lodos es más simple y requiere menos mantenimiento. Mientras los sedimentadores rectangulares son más para contextos urbanos, generalmente en plantas grandes, ya que son hidráulicamente más estables y es más fácil controlar el flujo para grandes volúmenes de agua. [29]

Sin embargo, es necesario dar solución a las desventajas de obstrucción de la instalación y eliminación de fangos y olores de un sedimentador, mediante purgas más frecuentes de los lodos. Estas purgas permiten que la instalación mantenga el rendimiento máximo, un factor crítico para las instalaciones posteriores, que precisan de mayores tiempos de retención cuanta más materia orgánica se tenga que degradar.

Por las razones anteriores, el tipo de decantadores escogidos es circular con puente de rasquetas para la regida de lodos. La elevada concentración de sólidos en suspensión, más de cien veces mayor que en aguas residuales urbanas, hace necesaria la instalación de varios sistemas de separación. En el apartado 6. *Descripción del proyecto* se desarrollan los detalles del tratamiento.

5.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO: Tratamiento biológico

La Jefatura de Estado define mediante el Real Decreto Ley 11/1995 los tratamientos primarios como *"El tratamiento de aguas residuales mediante un proceso que incluya un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso, en el que se respeten los requisitos que se establecerán reglamentariamente"*. Se denomina tratamiento biológico porque los agentes actuantes son microorganismos, que pueden trabajar en entornos aerobios o anaerobios, en función de la eficiencia reductora que se desea conseguir. Los tratamientos biológicos se pueden dividir en tratamientos intensivos o convencionales y extensivos o no convencionales, en función de la tecnología necesaria y del impacto medioambiental que producen. Las diferencias entre ambos grupos son:

TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS INTENSIVOS	TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS EXTENSIVOS
Espacio necesario reducido.	Amplia superficie necesaria.
Uso de tecnologías: consumo eléctrico y coste.	Tratamiento natural: menor coste de operación por consumos energéticos.
Necesario control y mantenimiento preventivo de los equipos.	La autodepuración libera de costes de equipos.
Ciclo de trabajo reducido.	Ciclo de trabajo largo, incluso mayor en caso de ambientes fríos o de baja radiación solar.
Reducción de contaminantes controlado.	Reducción de contaminantes variables en función del entorno.
Instalaciones complejas: normalmente adquiridas a empresas especialista con entrega de llave en mano.	Facilidad constructiva: se basa en el movimiento de tierras.
Las instalaciones cubiertas suponen aumentar el número de edificaciones. La instalación se realiza sobre cimentación, por lo que la calidad del terreno es indiferente.	Integración ambiental. En contra, la implantación requiere elevados requisitos de terreno.

Tabla 13 Comparativa de tratamientos biológicos extensivos e intensivos. [30]

Los tratamientos más habituales que se utilizan en aguas residuales con cargas contaminantes elevadas son:

- Tratamientos intensivos
 - Lechos bacterianos o filtros percoladores
 - Discos biológicos
 - Lodos activados

- Tratamientos no convencionales
 - Lagunaje
 - Humedales

5.2.1. Lechos bacterianos o filtros percoladores

La técnica se basa en hacer circular el agua residual y aire a través por un medio poroso. El agua residual se eleva por una columna central y se distribuye por la superficie superior del cilindro que contiene el medio poroso, haciendo que el agua discurra por gravedad. El medio poroso es el soporte de los microorganismos que degradan la materia orgánica y las sustancias contaminantes presentes en el agua. Estos soportes pueden ser naturales, como cantos rodados, o artificiales, piezas plásticas. El aire puede circular de forma natural o forzada, normalmente en contra de la dirección del agua.



Figura 13 Partes del lecho bacteriano y tipos de soportes [31]

Las ventajas y desventajas de los lechos bacterianos son los siguientes:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Existe la posibilidad de consumo de energía cero mediante la aireación natural.</p> <p>La amplia superficie de contacto permite elevado rendimiento de eliminación, que permite depuración de cargas contaminantes elevadas.</p> <p>Si no existe fallo con las bacterias, el coste de mantenimiento es reducido.</p>	<p>El diseño se construye para un rango reducido de cargas contaminantes, por lo que los valores fuera de estos límites colapsarían la instalación.</p> <p>El recorrido de agua residual por el lecho bacteriano es arduo, por orificios pequeños que se pueden colmatar. Para prevenir es necesario un tratamiento previo de decantación.</p> <p>Las bacterias aerobias reducen el rendimiento depurador con temperaturas bajas.</p>

	<p>Aparte de la temperatura, las condiciones climáticas inciden en el rendimiento.</p> <p>Pueden desprender olores y moscas.</p> <p>Coste de implantación elevado.</p>
--	--

Tabla 14 Ventajas y desventajas de lechos bacterianos. [32]

Los rendimientos que se obtienen de la instalación de lechos bacterianos son:

SS	DBO5	DQO	N-NH4	NT	PT
%	%	%	%	%	%
85-95	85-95	80-90	60-80	30-35	10-35

Tabla 15 Rendimientos de lechos bacterianos. [30]

5.2.2. Discos biológicos

Es un sistema aireado de cultivos de microorganismos fijos en una superficie giratoria en forma de disco circular. El contacto entre el agua residual y las bacterias se realiza mediante la circulación del efluente a través del conjunto de discos, muy cercanos entre ellos, semisumergidos que giran lentamente en un eje horizontal. El contacto del disco con el aire permite la oxigenación natural de la mezcla. Se denominan también biocilindros o más técnicamente contactores biológicos rotativos (CBR).

Una estación como esta dispone de dos instalaciones adicionales, un decantador previo y otro posterior. Estos aseguran la reducción de sólidos en suspensión, y materia orgánica correspondiente, previo al contacto con los biodiscos y a la salida del efluente.

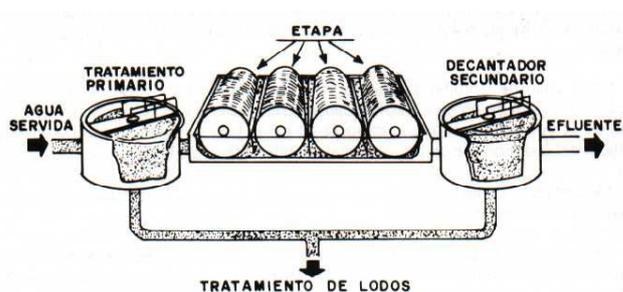


Figura 14 Sistema completo de depuración de aguas residuales mediante discos biológicos. [33]

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Bajo consumo de energía</p> <p>Coste reducido de mantenimiento y control de la instalación</p> <p>Buena decantación de lodos</p> <p>Alto rendimiento de eliminación de sustancias contaminantes, incluso con fluctuaciones de carga orgánica.</p> <p>Protección contra los agentes climáticos por la cubierta, lo que lo hace prácticamente insensible a las condiciones del entorno.</p> <p>Reducida necesidad de equipo electromecánico, únicamente la rotación del biodisco a velocidad reducida.</p>	<p>El rendimiento depende del tamaño de la instalación, por lo que para conseguir rendimientos elevados la superficie disponible debe ser mayor.</p> <p>El recorrido de agua residual por el lecho bacteriano es arduo, por orificios pequeños que se pueden colmatar. Para prevenir es necesario un tratamiento previo de decantación.</p> <p>Producción de lodos inestables.</p> <p>Para la eliminación de nitrógeno, el tamaño necesario es superior.</p> <p>Coste de implantación elevado.</p>

Tabla 16 Ventajas y desventajas de discos biológicos. [34]

Las eficiencias que puede presentar esta técnica son:

SS	DBO5	DQO	Nt	Pt
%	%	%	%	%
96-98	95-99	85-95	85	40

Tabla 17 Rendimiento de depuración de discos biológicos. [35]

Para conseguir estos rendimientos, los factores determinantes son:

- Temperatura: a mayor temperatura mayor actividad biológica. Sin embargo, al ser una instalación cubierta, se mantiene la temperatura del agua a tratar.
- Condiciones ambientales: es indiscutible la necesidad de la cubierta para proteger los microorganismos de la lluvia o el granizo.
- Velocidad de giro: 0,3 a 5 rpm.

5.2.3. Lodos activados

Este sistema es el que más se asimila a la autodepuración natural que se da en cauces. La instalación se basa en una unidad de reactor con varias cámaras. La primera realiza la función biológica, donde se mezclan y agitan las aguas residuales con lodos activados líquidos, bacteriológicamente muy activos. El contacto de ambos fluidos permite la degradación aerobia de la carga contaminante. La segunda cámara permite la separación física, por decantación, del agua depurada y el lodo, que se recircula a la primera cámara.

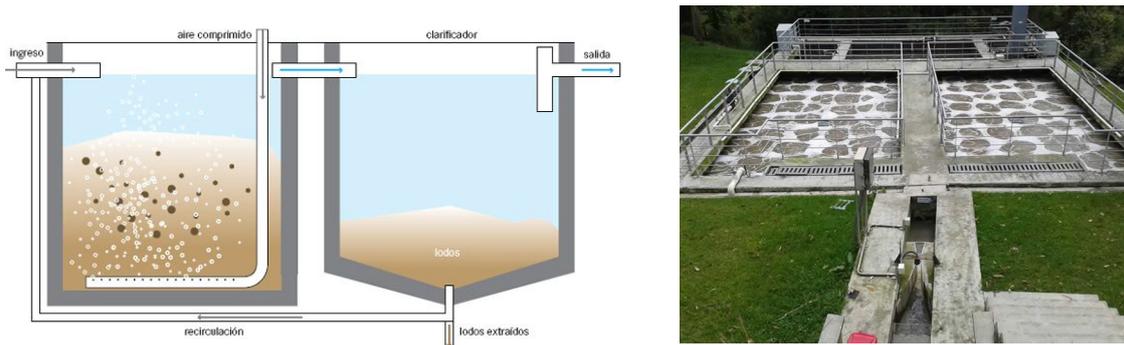


Figura 15 Sistema completo de depuración de aguas residuales mediante lodos activados. [36]

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Adaptable a todo tipo de caudales. Alto rendimiento de eliminación de Nitrógeno, DQO y DBO5 Obtención de lodos ligeramente estabilizados.</p>	<p>Consumo energético elevado. Necesario control de decantación de lodos por personal cualificado, además de para mantenimiento preventivo. Sensibilidad a sobrecargas hidráulicas. Coste de implantación elevado.</p>

Tabla 18 Rendimiento de depuración de lodos activados.[35]

Los rendimientos que presenta este tratamiento son

SS	DBO5
%	%
75-85	95

Tabla 19 Rendimiento de depuración de discos biológicos.[35]

Para cumplir con estos rendimientos, las condiciones ideales son:

- Temperatura superior a 5°C.
- Porcentaje de lodos de 12 a 40%.

- Aireación mediante difusores desde el fondo del tanque o turbinas superficiales que crean corrientes.
- PH de 5,5 a 8.
- Tiempo de retención de 3 a 12 horas.
- Edad del lodo menor a 20 días.

5.2.4. Lagunaje

Este tratamiento consta de varias lagunas artificiales, que se asimilan a la autodepuración natural que se da en cursos naturales de agua, combinando sistemas aerobios y anaerobios, con bacterias y algas responsables de la degradación de la materia orgánica.

Este tratamiento requiere de un tratamiento primario previo, necesario debido a que en el caso de no hacerse la separación de las partículas más pesadas éstas colapsarían las lagunas por el exceso de lodos y densidad del agua residual.

El orden habitual de la secuencia de lagunas en este tratamiento es: laguna anaerobia, laguna facultativa y laguna de maduración, asimilándose a los tratamientos convencionales, primario, secundario y terciario. La serie comienza por la sedimentación y su degradación anaerobia en la laguna anaerobia. A continuación, el vertido pasa por la laguna facultativa degradando la materia por bacterias aerobias en la superficie y anaerobias en el fondo. Por último, la laguna de maduración permite, mediante condiciones únicamente aerobias, eliminar los sólidos en suspensión y nutrientes.

Los tratamientos alternativos suponen un tratamiento medioambientalmente sostenible. Sin embargo, como todos los tratamientos estudiados, no es un tratamiento óptimo. A continuación, se presentan sus ventajas e inconvenientes:

Ventajas	Desventajas
<p>Inversión inicial reducida, especialmente si el terreno es impermeable y fácilmente construible.</p> <p>Consumo energético nulo.</p> <p>Coste nulo en equipación, por esto el único mantenimiento necesario es retirar los residuos flotantes que sólo se acumulan. En la superficie.</p> <p>Escasa producción de fangos, además son fácilmente manipulables.</p> <p>Adaptable a cambios de caudal y de carga orgánica, gracias al tiempo de retención.</p>	<p>Las condiciones climatológicas limitan la eficiencia del tratamiento por lo que no es aconsejable en zonas muy frías o de baja radiación solar.</p> <p>La recuperación del sistema en caso de deterioro de las bacterias es lenta.</p> <p>Pérdidas de agua por evaporación</p>

Tabla 20 Ventajas y desventajas del lagunaje. [37]

A continuación, se presentan las características de cada laguna:

- Laguna anaerobia

Al ser la primera balsa, el agua residual está compuesta por cargas orgánicas elevadas, que al consumir el oxígeno, la condición anóxica hace que proliferen bacterias anaerobias/metanogénicas en el fondo de estanques de 3 a 5 metros de profundidad. A pesar de tener contacto con la atmósfera, el intercambio de oxígeno, además del introducido con las aguas residuales, se consume rápidamente. La elevada carga orgánica, aporta al agua residual un color turbio y oscuro, que dificulta la entrada de luz solar, anulando el crecimiento de las algas, sustento de bacterias aerobias.

La materia orgánica que se biodegrada son los sólidos en suspensión decantables y liberan gases como metano y dióxido de carbono, que aporta un efecto de mezclado lento del líquido. El efluente no es agua purificada, sino que es imprescindible la instalación de las lagunas en serie para poder completar la depuración.

Las lagunas anaerobias tienen un inconveniente adicional, se desprenden olores desagradables. Sin embargo, la planta se situará colindante a los establos, por lo que el entorno está habituado a olores fuertes.

Comparado con las lagunas de maduración, las anaerobias tienen tiempo de descomposición mayor, por lo que para poder abordar grandes volúmenes es necesario grandes áreas. Además, las condiciones climáticas suponen un riesgo para la integridad del tratamiento ya que debe permanecer en un entorno estable. Además, los sólidos del fondo son un residuo que ha de retirarse periódicamente, cada varios años, aumentando el coste de mantenimiento.

- Lagunas facultativas

Este tipo de lagunas son una combinación de lagunas anaerobias y maduración de 1 a 2 metros de profundidad. Divide el estanque en dos zonas horizontales; la superior es un sistema aerobio, en el que las algas y el contacto con el ambiente aportan oxígeno, necesario para la labor de degradación por parte de las bacterias aerobias. Es de suponer que ambas zonas no se encuentran perfectamente delimitadas; existe una zona intermedia de condiciones variables, con un tipo de bacterias denominadas facultativas que se adaptan a ambas condiciones. Así mismo, estas zonas tienen distinto espesor en función del momento del día y la estación del año, horas de sol o noche y de la carga orgánica del agua residual, a mayor carga mayor espesor de la zona anaerobia.

Por otra parte, la zona inferior es un sistema anaerobio formado por bacterias metánicas, que degradan las partículas de mayor tamaño que por su peso precipitan al fondo, formando gases como metano, hidrógeno y dióxido de carbono.

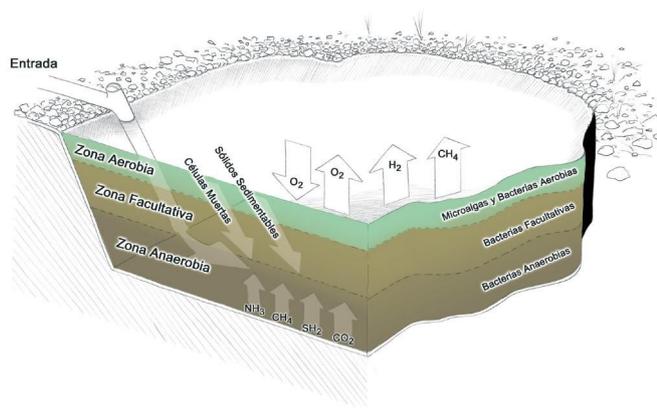


Figura 16 Zonas de una laguna facultativa. [38]

Las lagunas facultativas, al igual que las lagunas de maduración, necesitan grandes extensiones en comparación con las lagunas anaerobias.

- Lagunas de maduración o aerobias

La técnica se basa en la degradación de materia orgánica mediante bacterias aerobias para lo cual necesitan disponer de oxígeno. Este oxígeno disuelto se obtiene a través de la fotosíntesis de las algas y del contacto de la superficie con la atmósfera. Existe un gradiente de contenido en oxígeno en función de la profundidad del estanque, por esto mismo conviene una profundidad en torno a 80-100 cm para que no exista una zona anaerobia predominante, que produzca biogás y dificulte el trabajo de las bacterias microbianas, además la penetración de la radiación solar.

Otro factor importante a controlar es la carga orgánica, para mantener la relación carga oxígeno y que esta última no sea el reactivo limitante.

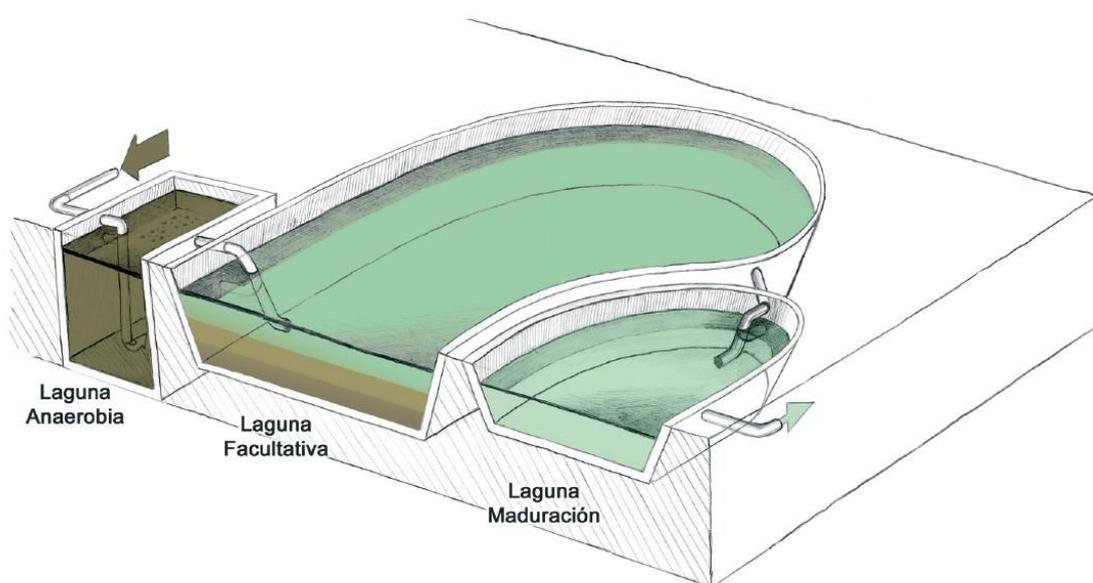


Figura 17 Esquema tratamiento por lagunaje. [39]



Figura 18 Imagen real de lagunaje [40]

Los rendimientos de cada una de las lagunas anteriores son:

	SS	DBO5	DQO	N	P
	%				
Laguna anaerobia	50-65	40-50	40-50	5-10	0-5
Laguna facultativa	0-70	60-80	55-75	30-60	0-30
Laguna de maduración	40-80	75-85	70-80	35-80	10-60

Tabla 21 Rendimiento de lagunaje.[41]

- Lagunas aireadas, variante de las lagunas aerobias
Para aumentar la capacidad del estanque, solucionando el problema de la falta de oxígeno en las zonas profundas, se aporta oxígeno por un aireador, permitiendo profundidades de 3-4 metros. Mediante aireadores mecánicos se suministra oxígeno y se mantiene a los organismos aerobios en suspensión y mezclados con el agua para alcanzar una elevada tasa de degradación orgánica.

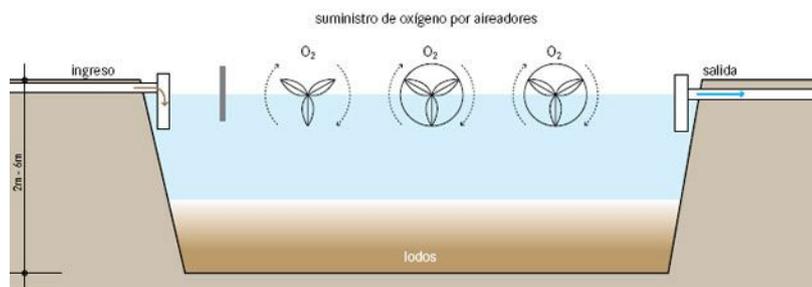


Figura 19 Esquema de una laguna aireada. [42]



Figura 20 Imagen real de laguna aireada. [43]

A continuación, se presenta el rendimiento ideal para parámetros habituales de tiempo y temperatura,

SS	DBO	DQO	Nt	Pt
%				
75	95	62,5	35	15-25

Tabla 22 Condiciones óptimas para el funcionamiento de las lagunas aireadas. [44]

Pese a no tener un rendimiento mayor que las lagunas anteriores, el tiempo de retención es menor, con un valor habitual de 20 días y máximo de 30 días. Sin embargo, el uso de equipos supone que el servicio eléctrico sea ininterrumpido, evitando periodos sin aireación que puedan llevar a condiciones anaerobias. Además, hay que considerar los gastos de adquisición, mantenimiento y operación de los equipos.

5.2.5. Humedales

Este tratamiento se basa en la reproducción artificial de un humedal, para depurar los contaminantes del agua residual. Al igual que en el caso del lagunaje, la forma de trabajo de un humedal artificial intenta asemejarse al de un humedal natural. Así, se hace pasar el agua residual por un estanque que sufre una depuración por el contacto con las plantas o las raíces que en ella habitan.

La forma de verter el agua residual distingue dos tipos de humedal: humedal de flujo superficial, tal como su nombre indica, se vierten como una lámina visible que circula entre las plantas, y humedal de flujo subsuperficial, que circulan, en sentido horizontal o vertical, por el sustrato en contacto también con las plantas.

A diferencia del lagunaje, se obtiene un agua residual depurada a la recogida de un único estanque debido a los procesos físicos, biológicos y químicos que se dan.

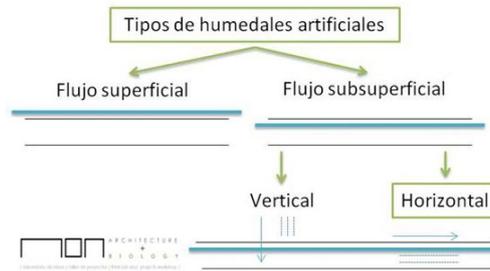


Figura 21 Esquema de tipos de humedales en función del tipo de flujo. [45]

A continuación, se detalla cada tipo de humedal.

- Humedal de flujo superficial

El flujo se desliza superficialmente en una lámina menor de 40 cm de espesor reaccionando con el contacto con las plantas y la exposición a la atmósfera. Las plantas se nombran por ser el soporte de la película bacteriana que biodegrada el agua residual, por eso es necesario considerar cualquier parte de la planta como son los tallos, las raíces o las hojas. Sin embargo, no todas las partes son beneficiosas para el tratamiento, ya que un exceso de hojas dificultaría la entrada de radiación solar, necesaria para la fotosíntesis de las plantas.

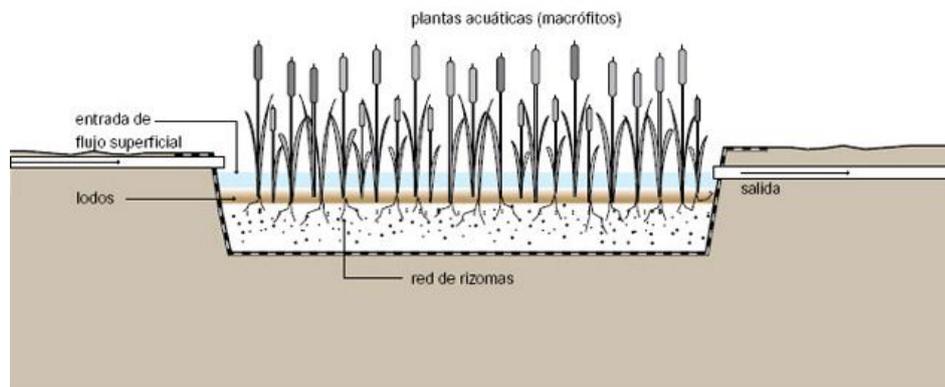


Figura 22 Esquema humedal con flujo superficial. [42]

Los rendimientos de depuración de un humedal superficial son:

Parámetro	%
Sólidos en suspensión	78
DBO5	79
N	39
P	50
Coliformes fecales	98

Tabla 23 Rendimiento de depuración mediante humedal artificial superficial. [46]

- **Humedal de flujo subsuperficial**
En este tratamiento, el agua residual circula a través de un material granular que se encuentra en el subsuelo soportando las raíces de las plantas. Esta distribución podría suponer un problema de mantenimiento ya que se colmata por el exceso de carga orgánica. Por el contrario, este tipo de flujo tiene ventajas sobre el flujo superficial, como no sufrir inestabilidad por los cambios climáticos y la necesidad de un área menor para su implantación.

Este tipo de flujo se puede subdividir en flujo vertical y horizontal

- **Flujo subsuperficial horizontal:** las aguas residuales circulan horizontalmente a través de una capa de grava de 60 cm de espesor mediante alimentación continua. La recogida del agua depurada se realiza a través de una tubería que permite el control del agua para mantener siempre en disposición subsuperficial.

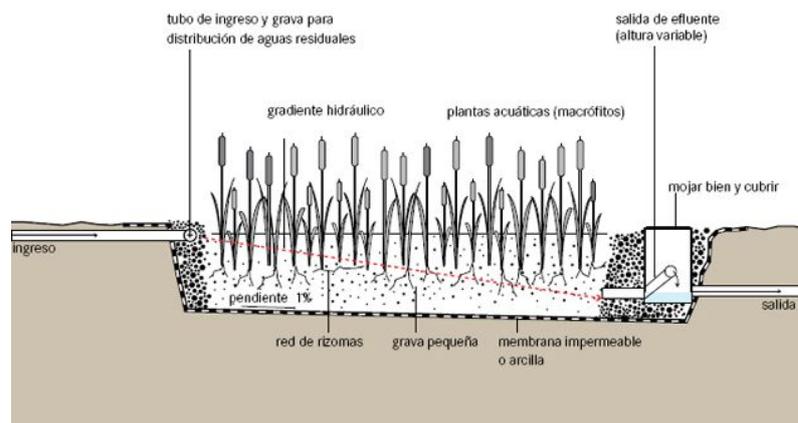


Figura 23 Esquema humedal con flujo subsuperficial horizontal. [42]

- **Flujo subsuperficial vertical:** las aguas residuales circulan verticalmente a través de una capa de grava de 100 cm de espesor mediante alimentación discontinua. La alimentación discontinua permite el control del nivel para mantener la disposición subsuperficial. El agua depurada se recoge del fondo del humedal mediante un drenaje que permite, además, la oxigenación del sustrato mediante conductos. Esto permite aumentar la capacidad de depuración de mayores cargas orgánicas comparado con los flujos horizontales. Con la misma carga reduce los tiempos de retención hidráulica.

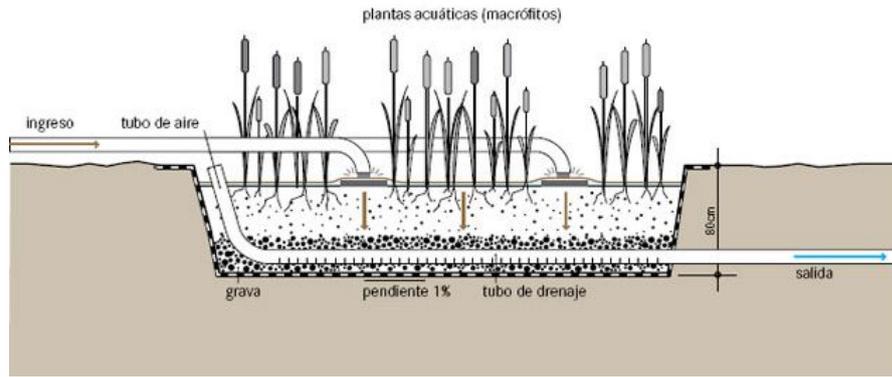


Figura 24 Esquema humedal con flujo subsuperficial horizontal.[42]

Los tratamientos alternativos tienen ventajas e inconvenientes comunes. Los humedales artificiales presentan los siguientes:

Ventajas	Desventajas
<p>Costes reducidos en materiales y energías.</p> <p>Como tratamiento alternativo, implica un modelo natural y sostenible, sin adiciones químicas.</p> <p>Mejor estética que en lagunaje, camuflado con el entorno.</p> <p>Adaptable a cambios de caudal y de carga orgánica, gracias al tiempo de retención.</p> <p>Ausencia de fangos, la materia orgánica se biodegrada de forma completa</p>	<p>Inversión inicial media-alta (sustrato)</p> <p>Requiere amplias extensiones de terreno.</p> <p>Acumulación de sustancias tóxicas en el fondo, que se retiran periódicamente pero no desaparecen.</p> <p>Limitado control operacional sobre los procesos.</p> <p>Atención especial en el diseño y mantenimiento de la instalación</p>

Tabla 24 Ventajas y desventajas de los humedales artificiales. [48]

Los rendimientos de depuración de un humedal subsuperficial de ambos tipos son:

Parámetro	Humedal sub. horizontal	Humedal sub. vertical
	%	
Sólidos en suspensión	90-95	90-95
DBO5	85-95	90-95
DQO	80-90	80-90
N	20-40	60-70
P	20-30	20-30

Tabla 25 Rendimiento de depuración mediante humedal artificial subsuperficial. [46]

5.2.6. Tratamiento secundario escogido

Después de analizar los tratamientos biológicos convencionales y no convencionales, es inevitable fijar la atención en los costes económicos. Los tratamientos convencionales suponen menor coste de instalación, pero mayores costes de mantenimiento y operación, por su mayor complejidad. Los no convencionales, al contrario, suponen un alto coste inicial por el movimiento de tierra requerido y los gastos de impermeabilización y constructivos, pero un gasto casi nulo de mantenimiento y operación.

Desde el punto de vista medioambiental, los tratamientos no convencionales no requieren de equipos y por lo tanto, de electricidad. Por ello, estos son más sostenibles que los tratamientos convencionales.

No obstante, es importante tener en cuenta que los tratamientos no convencionales requieren un gran espacio disponible y un entorno adecuado, debido a que ocupan alta superficie y generan malos olores. Estos inconvenientes son característicos de este tipo de tratamientos por lo que, si no se dispone de un espacio extenso lejos de zonas urbanas, es necesario optar por tratamientos convencionales.

En este caso, la planta de tratamiento se va a situar colindante a la granja, que ya es origen de olores y tiene una estética poco agradable. Además, al estar en las faldas del monte Larrauzmendi, el espacio disponible es amplio. Las distancias a las zonas sensibles son 1100 metros al hospital de Zamudio, 1360 metros al punto más cercano del centro urbano de Zamudio, 984 metros al Hotel Seminario de Bilbao y 1280 metros al punto más cercano del centro urbano de Derio, cumpliendo con la distancia mínima de 1000 metros a núcleos urbanos [48]. Por estas razones se opta por los tratamientos no convencionales.

Para elegir entre los tratamientos no convencionales, al ser el tratamiento fundamental de la planta, es necesario que la reducción de contaminantes sea la máxima posible para cumplir con los requisitos de vertido. Al igual que en la elección del tratamiento primario, es importante destacar que la cantidad de sólidos en suspensión del caudal a tratar es elevado por lo que es necesario una instalación sin cavidades que pudieran obstruirse. Además, en el caso de los humedales, la obstrucción provocaría la desaparición de las plantas y de las bacterias depuradoras, con el consecuente coste para su reemplazo. La particular composición también hace necesario que la instalación sea versátil, ya que siendo un proceso sencillo es necesario que permita la combinación de embalses para conseguir una depuración total.

Por las razones anteriores, el tratamiento elegido es el lagunaje, compuesto por una serie de lagunas anaerobias, facultativas y de maduración. En el Anejo 1.2.16. *Cálculo de Instalaciones* se evalúa la complejidad necesaria del tratamiento secundario.

5.3. Elección del destino final del efluente tratado

Después de analizar los tratamientos más habituales de las aguas residuales de origen ganadero, es conveniente hacer una estimación de la calidad de las aguas depuradas que se va a conseguir, con el fin de adoptar el mejor destino para las mismas.

		PH	SS	NT	PT	DQO	DBO5
		Adim	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Datos de partida		7,7	55.600	4084,2	2.428,2	59.300	18.750
Tratamiento	Decantación		60%			30%	
	Efluente		22.240			41.510	
	Laguna anaerobia		50-60%	5-10%	0-5%		40-50%
	Efluente		8.896	3.675,78	2.306,79		9.375
	Laguna facultativa		0-70%	30-60%	0-30%	55-75%	60-80%
	Efluente		2.668,8	1.470,31	1.614,75	10.377,5	1.875
	Laguna de maduración		40-80%	35-80%	16-60%	70-80%	75-85%
	Efluente final		533,76	294,06	645,9	2.075,5	281,25
Requisitos de vertido a cauce			35	15	2	125	25
Requisitos de vertido a red de saneamiento		6-9,5	600	300			

Tabla 26 Estimación de la reducción de agentes contaminantes por los tratamientos escogidos. Fuente: elaboración propia

Tal como se observa en la tabla anterior, suponiendo los rendimientos máximos en los tratamientos elegidos, sólo se cumple con los requisitos exigidos en el vertido a red de saneamiento. Los requisitos de vertido a cauce quedan tan lejanos, que es imposible llegar a cumplirlos, aunque se contemplen tratamientos complementarios.

En la siguiente tabla, se presenta el rendimiento adicional necesario para cumplir los requisitos de calidad de vertido a cauce. Todos los valores, superiores al 90%, precisan de una ampliación considerable de la planta de tratamiento, que se desestima por el coste que supondría.

	PH	SS	NT	PT	DQO	DBO5
	Adim	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Efluente final		533,76	294,06	645,9	2075,5	281,25
Requisitos de vertido a cauce		35	15	2	125	25
Rendimiento necesario del tratamiento adicional		93,44%	94,9%	99,69%	93,98	91,11

Tabla 27 Reducción adicional necesaria para cumplir con parámetros de vertido a cauce siguientes los tratamientos escogidos. Fuente: elaboración propia

6. Descripción del proyecto

En el presente proyecto se desarrolla el análisis completo del tratamiento de los purines con origen en la granja Aberekin, S.L.. Este tratamiento está formado por un pretratamiento que consta de arqueta de llegada con aliviadero, pozo de gruesos y desbaste. Seguidamente se encuentra el tratamiento primario, compuesto por dos decantadores en línea. Por último, el tratamiento terciario consiste en una serie de 4 lagunas anaerobias seguidas de una laguna facultativa y una última de maduración.

A continuación, se detallan las dimensiones y características de cada una de las fases anteriormente nombradas.

6.1. Recogida de excreciones

El sistema de recogida de aguas residuales en la granja es separativo, lo que permite tratar únicamente las aguas residuales de los establos, evitando que la contaminación se diluya y aumente el caudal del agua residual a tratar. La conducción de las excreciones desde la arqueta final de los establos hasta la planta de tratamiento se realiza por gravedad, según la topografía del terreno.

La arqueta de salida tiene una cota de 73,25 metros y la arqueta de llegada de 64,3 metros. La pendiente de este tramo es de 4,80%.

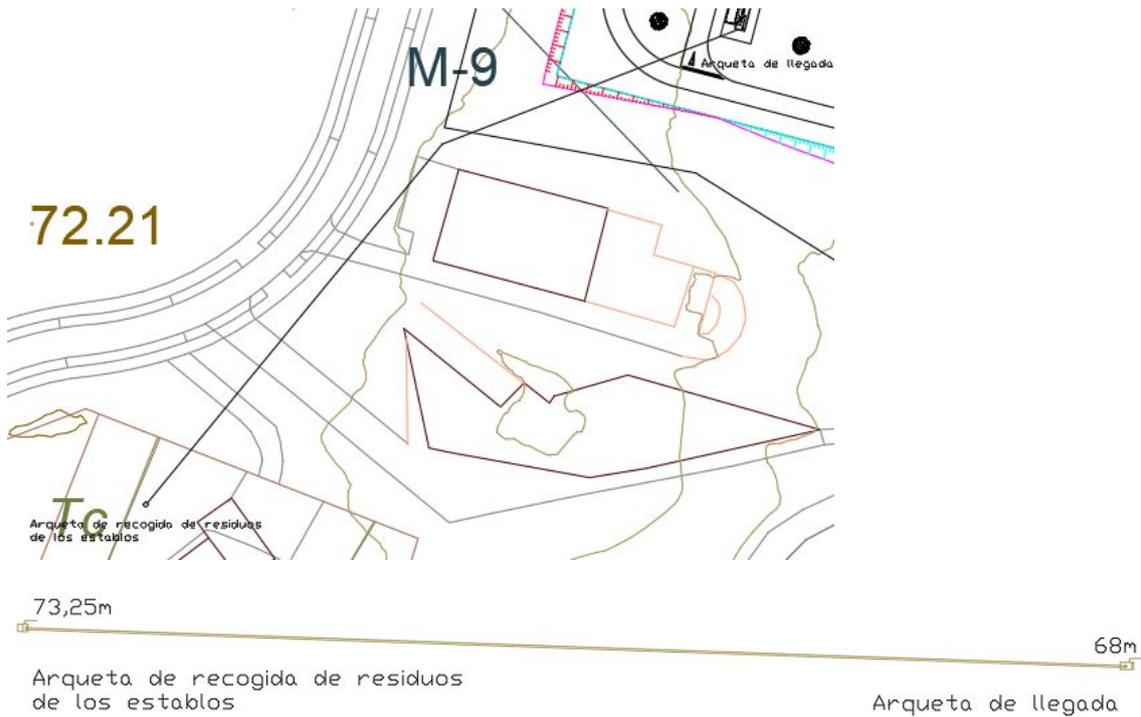


Figura 25 Plano detalle conexión granja y planta depuradora. Planta y alzado. Fuente: edición propia

6.2. Pretratamiento

El objetivo del pretratamiento es eliminar, reducir o modificar los componentes del agua bruta influente que pueden ocasionar problemas operativos a procesos aguas abajo o incrementar el mantenimiento de equipos posteriores. En este caso, los componentes objeto de eliminación son: sólidos de gran tamaño y objetos de uso ganadero.

Estos materiales ocasionan problemas de diferente índole a las instalaciones de depuración, pueden provocar la obstrucción de colectores, canales o tuberías, dañar equipos, bloquear mecanismos en movimiento o atascar las purgas de las unidades, entre otros problemas.

Esta instalación está formada por:

- Arqueta de llegada con bypass o aliviadero general
- Pozo de gruesos
- Desbaste

6.2.1. Arqueta de llegada

En el caso particular de este proyecto, las aguas a tratar llegan por gravedad, por lo que la única limitación del caudal viene derivada de la capacidad hidráulica de las tuberías. Por esto, para poder garantizar la limitación del caudal es necesario colocar una arqueta de llegada.

La obra de llegada es la instalación responsable de recibir y acondicionar las aguas residuales para su posterior tratamiento. Además, este elemento permite el acceso para el control necesario del agua residual, como recogida de muestras y sensores para el control del caudal.

En una de las paredes de la arqueta, se instala un alivio de caudal, normalmente mediante vertedero, diseñado para que no acceda a la planta más caudal que el que es capaz de tratar. El exceso de caudal se deriva a un tanque que, finalmente, se vierte al final del tratamiento mediante el bypass general.

Para poder suspender temporalmente la operación de la planta es necesario colocar un elemento de cierre, que permite que todo el caudal influente se derive por el aliviadero. En este caso se ha colocado una compuerta de accionamiento manual. Además, la capacidad hidráulica del by-pass tiene que ser igual o mayor que la necesaria para la llegada, de modo que no se inunde la planta. Para garantizar lo anterior, el diámetro escogido para el bypass es de 500mm.

El dimensionado de la arqueta se detalla en el ANEJO 3. *Cálculo de Instalaciones*, apartado 3.1.1. *Arqueta de llegada*. Las dimensiones diseñadas son:

Anchura: 1,54 m

Longitud: 1 m

Profundidad: 1 m

Volumen: 1,54 m³

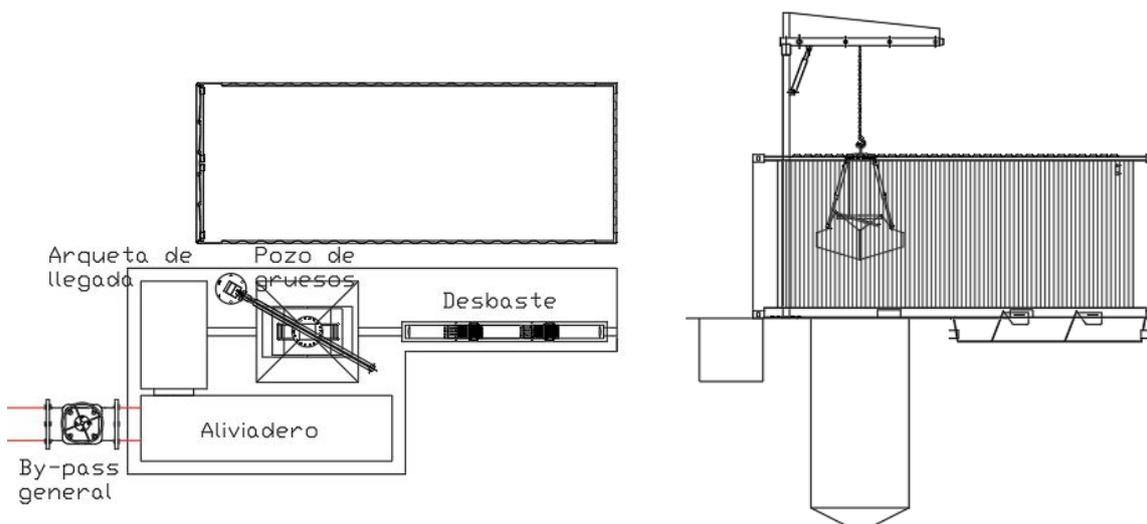


Figura 26 Detalle pretratamiento. Fuente: Edición propia

6.2.2. Aliviadero

La estación de depuración no debe de trabajar por encima de su máximo caudal, por lo que será necesario instalar un aliviadero, como mínimo, para derivar caudales pico que podrían desbordar la instalación. Al ser un caudal pequeño, se diseñará un único aliviadero al principio de la planta. Este aliviadero se utiliza además para retener el volumen total del agua en caso de problemas de funcionamiento durante un periodo de tiempo de 2,16 horas. También, se disponen bypass parciales detrás de cada etapa del tratamiento de las aguas, para poder proceder al vertido de los efluentes de estas etapas sin pasar por la fase siguiente, en caso de que se registren incidentes operativos. En el caso extraordinario en el que el tiempo de derivación al aliviadero sea superior al tiempo de retención calculado para este, el contenido se vacía a través del bypass. Al igual que los bypass parciales instalados a lo largo de la planta, este desagua a la tubería final directo a la Red de Saneamiento.

El dimensionado del aliviadero se detalla en el ANEJO 3. *Cálculo de Instalaciones*, apartado 3.2.4. *Aliviadero*. Las dimensiones diseñadas son:

$$\text{Área} = 3,80 \text{ m}^2$$

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

$$\text{Volumen real} = 3,80 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo de retención} = 2,16 \text{ días}$$

La conexión entre la arqueta de llegada y el aliviadero se realiza mediante un vertedero de pared fina, con las siguientes dimensiones:

$$\text{Altura vertedero, } h = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Longitud del vertedero, } L = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Espesor vertedero, } e = 0,1 \text{ m}$$

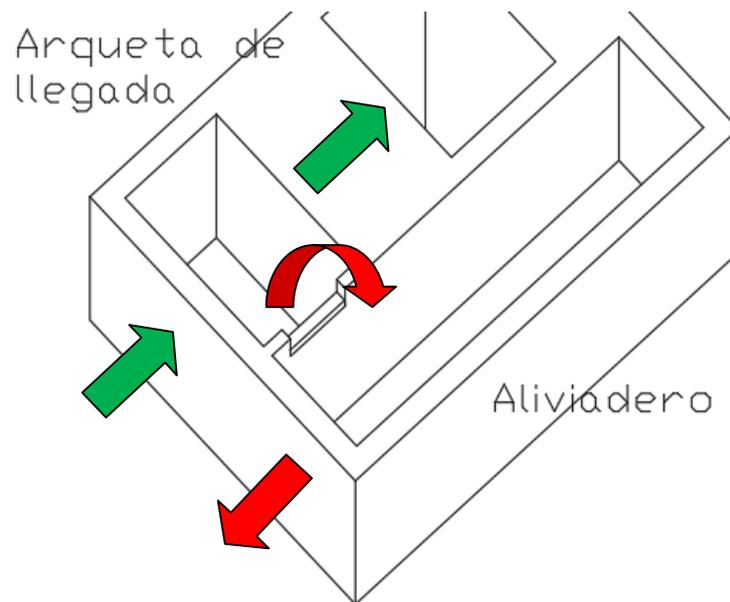


Figura 27 Detalle Arqueta de llegada y aliviadero. Fuente: Edición propia.

6.2.3. Pozo de gruesos

Por si el volumen de sólidos de gran tamaño fuese elevado, se coloca un pozo de gruesos. Éste permite que decanten y se recojan mediante una cuchara bivalva. Al igual que con todos los residuos recogidos a lo largo del tratamiento, estos se depositan en depósitos para su posterior gestión en el exterior de la planta.

El dimensionado de la arqueta se detalla en el ANEJO 3. *Cálculo de Instalaciones*, apartado 3.1.2. *Pozo de gruesos*. Las dimensiones diseñadas son:

Anchura: 1,54 metros

Longitud: 1,54 metros

Profundidad: 3 metros

6.2.4. Desbaste

Previo al tratamiento, las aguas brutas se someten a un pretratamiento, en este caso rejas de desbaste, con el fin de extraer del agua las materias de dimensiones grandes que llegan a la recogida del agua residual y que no quedan retenidas en el pozo de gruesos. El origen de estos objetos es el trabajo habitual en la instalación, como son, en el caso de este proyecto, guantes de trabajo, material veterinario, partes del arbolado situado en el entorno de los establos.

Estos objetos pueden provocar la obstrucción de las tuberías, tanto en el tratamiento como a la salida del mismo. Además, en caso de estancarse en las lagunas, puede provocar costras que se tendrían que retirar de manera manual.

El canal consta de dos rejas, la primera reja de gruesos y la siguiente reja de finos. La limpieza de ambas se realiza de forma manual mediante un rastrillo para lo cual la rejilla más adecuada es la inclinada.

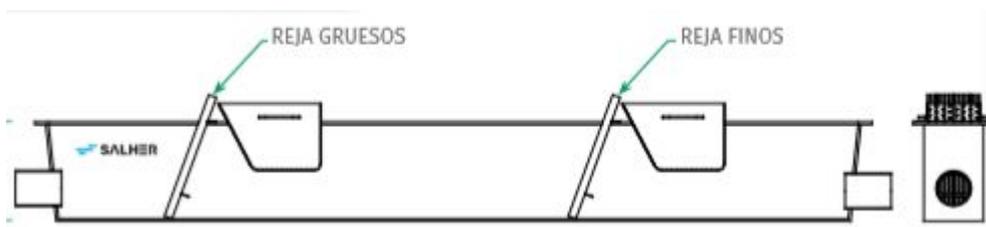


Figura 28 Canal con reja de desbaste inclinada.[49]



Figura 29 Simulación de desbaste mediante rejas y rastillo para limpieza manual [50]

Las características del canal de desbaste y de sus elementos funcionales son:

- Canal de PRFV, poliéster reforzado con fibra de vidrio.
- Reja de gruesos fabricada en acero inoxidable con luz de malla o separación entre barrotos de 30 mm.
- Reja de finos fabricada en acero inoxidable compuesta por chapa perforada con luz de malla de 6 mm.
- Sistema de limpieza manual.
- Tubuladuras de entrada y salida en PVC.
- Cestas de acero inoxidable con chapa perforada en parte inferior para deshidratación de residuos.
- Abierto por la parte superior
- Rastrillo en acero inoxidable para extracción de residuos sólidos.

Control para el funcionamiento óptimo del desbaste:

- Los residuos retenidos con las rejas se recogen mediante rastrillos, depositándose en los cestillos perforadoras situados en el extremo superior de las rejas. La base perforada tiene como objeto de conseguir su escurrido antes de su recogida en un contenedor, para su posterior envío a contenedor.
- La frecuencia de limpieza habitual es de dos veces al día, pero será la propia explotación la que la fije.
- Es necesaria cumplir con el protocolo de limpieza, ya que el colapso de las rejas provoca el retroceso a la arqueta de llegada, liberando la sobrevenida mediante el aliviadero.

El dimensionado de la arqueta se detalla en el ANEJO 3. *Cálculo de Instalaciones*, apartado 3.1.3. *Desbaste*. Las dimensiones diseñadas son:

Anchura: 0,2 metros

Longitud: 3 metros

Profundidad: 0,36 metros

6.3. Decantación

Después del pretratamiento, el agua residual llega al tratamiento primario para realizar la separación del sólido líquido. La fase primaria está formada por dos decantadores estáticos circulares en línea, con fondo inclinado y barrelados para recoger los lodos. La envergadura de esta fase viene dada por la cantidad de sólidos en suspensión, más de cien veces mayor que un agua residual urbana.

Para cumplir con las características calculadas en el ANEJO 3. *Cálculo de Instalaciones*, apartado 3.2. *Decantación*, se instalan dos decantadores troncocónicos abiertos suministrados por la empresa Hidrometálica, con las siguientes características:

- Elementos del decantador:
 - Viga puente giratoria
 - Pivote central
 - Carro tractor
 - Puente y barandilla
 - Barredor de superficie
 - Rasquetas de fondos (barrederas) y brazos
 - Tolva recogida de flotantes y rasqueta de arrastre de grasas
 - Deflector perimetral y aliviaderos
 - Campana de tranquilización

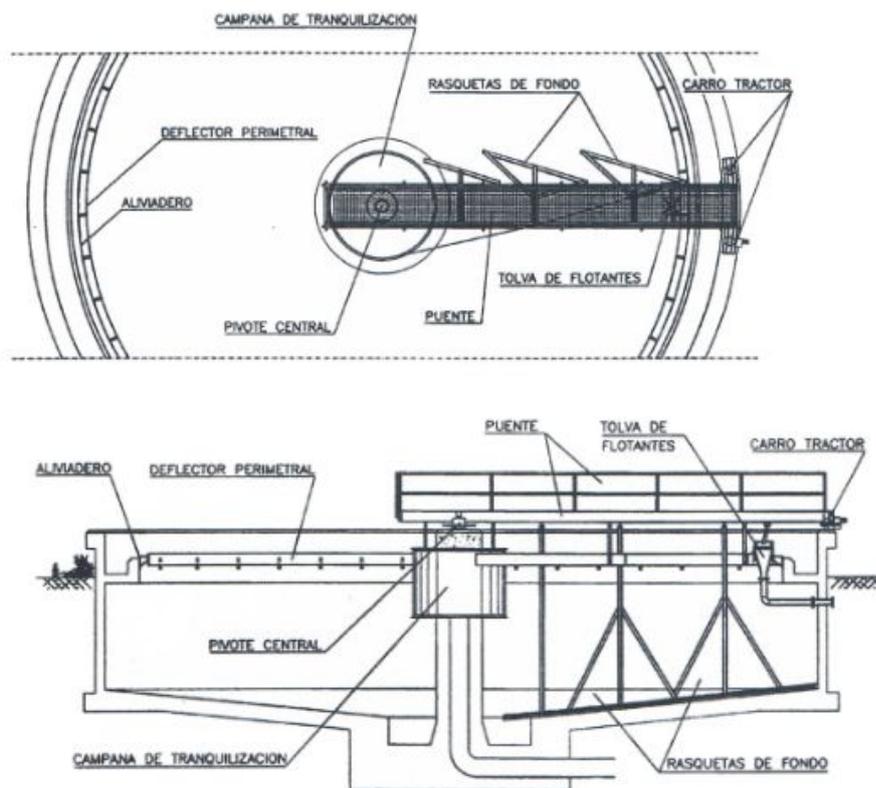


Figura 30 Detalle elementos de un decantador. [51]

- Decantador 1
 - Modelo DCR-700
 - Diámetro del decantador: 7 metros
 - Diámetro a la altura del aliviadero: 6 metros
 - Diámetro de la campana de tranquilización: 1,2 metros
 - Diámetro del fondo de evacuación de lodos: 1,5 metros
 - Profundidad mínima desde aliviadero: 2,5 metros
 - Profundidad máxima desde aliviadero: 3,45 metros
 - Volumen: $96 m^3$

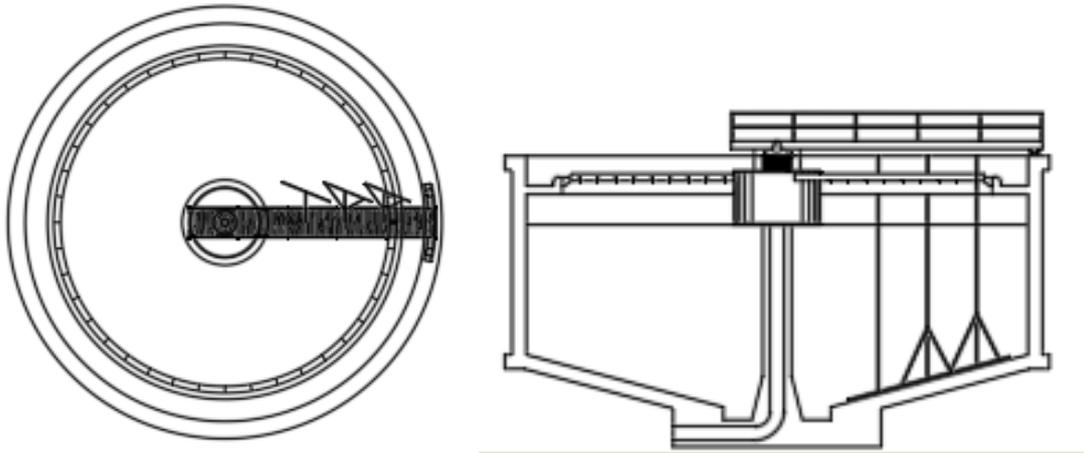


Figura 31 Detalle planta y alzado de decantador 1. Fuente: edición propia

- Decantador 2
 - Modelo DCO-400
 - Diámetro del decantador: 4 metros
 - Diámetro a la altura del aliviadero: 3 metros
 - Diámetro de la campana de tranquilización: 0,8 metros
 - Diámetro del fondo de evacuación de lodos: 0,6 metros
 - Profundidad mínima desde aliviadero: 2,5 metros
 - Profundidad máxima desde aliviadero: 3,04 metros
 - Volumen: $35 m^3$

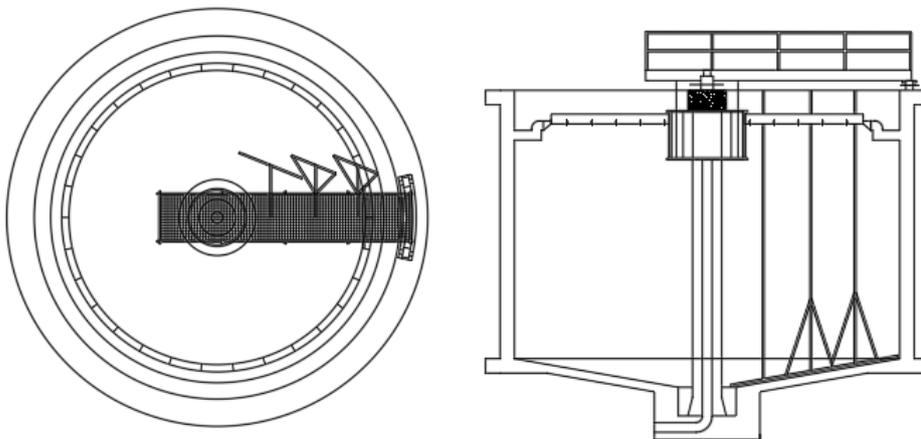


Figura 32 Detalle planta y alzado de decantador 2. Fuente: Edición propia

6.4. Lagunaje

Después del tratamiento primario, el efluente se dirige al tratamiento biológico, formado por una serie de lagunas de depuración. En el ANEJO 3. *Cálculo de Instalaciones*, apartado 3.3.5. *Combinación final* se analiza la combinación de lagunas necesaria para depurar el agua residual en un tiempo aceptable, así como su dimensionado. La conclusión a la que se ha llegado es:

- 4 lagunas anaerobias en serie
- 1 laguna facultativa
- 1 laguna de maduración

A continuación, se resumen los detalles característicos de la serie de lagunas anteriores:

LAGUNA ANAEROBIA 1

- Relación ancho/largo: 1/1, geometría cuadrada
- Talud: 0:1, paredes verticales vertical
- Área superficial: $669,87 m^2$
- Profundidad efluente: 5 metros
- Profundidad laguna: 5,5 metros
- Tiempo de retención: 79,22 días

LAGUNA ANAEROBIA 2

- Relación ancho/largo: 1/1, geometría cuadrada
- Talud: 0:1, paredes verticales vertical
- Área superficial: $334,94 m^2$
- Profundidad efluente: 5 metros
- Profundidad laguna: 5,5 metros
- Tiempo de retención: 39,61 días

LAGUNA ANAEROBIA 3

- Relación ancho/largo: 1/1, geometría cuadrada
- Talud: 0:1, paredes verticales vertical
- Área superficial: $167,47 m^2$
- Profundidad efluente: 5 metros
- Profundidad laguna: 5,5 metros
- Tiempo de retención: 19,81 días

LAGUNA ANAEROBIA 4

- Relación ancho/largo: 1/1, geometría cuadrada
- Talud: 0:1, paredes verticales vertical
- Área superficial: $83,73 m^2$

- Profundidad efluente: 5 metros
- Profundidad laguna: 5,5 metros
- Tiempo de retención: 9,9 días

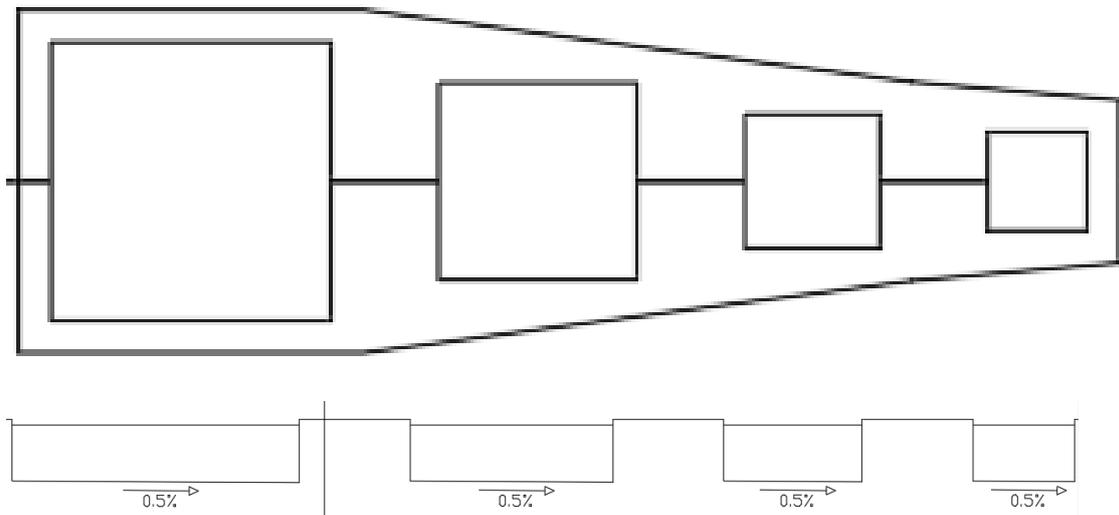


Figura 33 Detalle planta y alzado de lagunas anaerobias Fuente: edición propia

LAGUNA FACULTATIVA

- Temperatura de operación de la laguna: 9 °C
- Relación ancho/largo: 2/1, geometría rectangular
- Talud: 3:1
- Área superficial: 2340 m²
- Profundidad efluente: 1,5 metros
- Profundidad laguna: 2 metros
- Tiempo de retención: 67,51 días

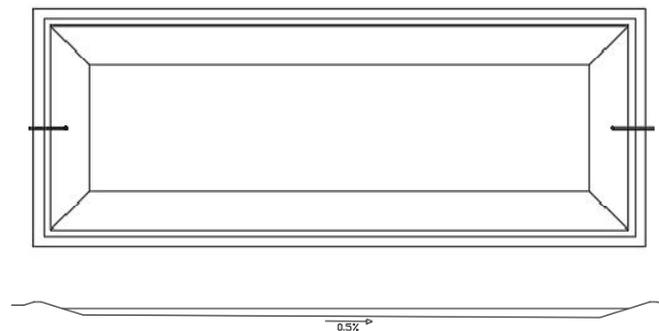


Figura 34 Detalle planta y alzado de laguna facultativa. Fuente: Edición propia

LAGUNA DE MADURACIÓN

- Temperatura de operación de la laguna: 9 °C
- Relación ancho/largo: 3/1, geometría rectangular
- Talud: 3:1
- Área superficial: 2447,02 m²
- Profundidad efluente: 1 metros

- Profundidad laguna: 1,5 metros
- Tiempo de retención: 50 días

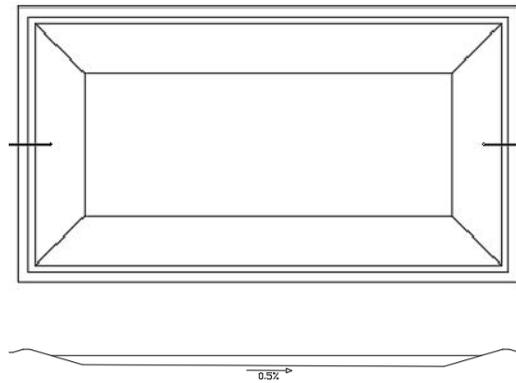


Figura 35 Detalle planta y alzado de lagunas anaerobias. Fuente: edición propia

6.5. Recogida y llevado a red

La estación depuradora vierte dos tipos de efluentes, agua tratada y lodos. La evacuación de ambos efluentes necesita de gestores externos para finalizar el tratamiento antes de verterse al río. El efluente líquido es enviado al EDAR de Galindo a través de una conexión a la Red de Saneamiento Pública. La acometida está formada por una tubería de acero de fundición de un diámetro de 600 mm, para asegurar su servicio en caso de aumentar el caudal.

6.6. Línea de fangos

A lo largo de la planta de tratamiento de aguas residuales existen puntos de recogida de sólidos que han de tratarse como fangos debido a la humedad que retienen. Estos puntos son:

- Pozo de gruesos
- Desbaste
- Decantador 1
- Decantador 2

Estos fangos son recogidos en dos puntos, un contenedor para residuos de origen pozo de gruesos y desbaste y un depósito para lodos de ambos decantadores. La empresa de gestión de residuos Sander se encarga de la recogida, transporte y gestión documental periódica. Se estima la recogida cada 3 días en el caso del depósito de decantación y variable en el del contenedor de pozo de gruesos y desbaste, coincidiendo con la recogida del depósito de decantación.

Las características del contenedor para los residuos del pozo de gruesos y desbaste son:



Figura 36 Contenedor para depósito de residuos con origen en pozo de gruesos y desbaste. [52]

- Medidas:

Longitud interior: 6000 mm.

Anchura superior: 2450 mm.

Altura Interior: 2200 mm.

- Chapa de 4 mm en el suelo.
- Chapa de 3 mm en el lateral.

- Vigas carril en IPN de 180 mm, reforzadas con costillas de IPN de 80 cada 500 mm.
- Rodillos de arrastre metálicos con sistema de burlón.
- Puerta trasera de libro con cierre de seguridad superior e inferior, siendo el superior de un diseño especial para su fácil manipulación desde el suelo. Conformado en redondo macizo de 20 mm. Bisagras de acero de gran resistencia.
- Gancho de redondo macizo de 50 mm de \varnothing , montado sobre planchas de oxicorte de 20 mm, formando así una zona de enganche rígida para aumentar así la resistencia.
- Frontal del contenedor en chapa de 3mm reforzado este longitudinalmente con viga UPN100.

Las características del depósito para los residuos de decantación son:

Capacidad: 10000 Litros

Diámetro: 2 metros

Longitud: 3,58 metros

Potencia bomba fangos: 0,55 KW

Periodo de vaciado: 3 días



Figura 37 Depósito para residuos con origen en con origen en decantadores. [53]

- Depósito modelo CHC-F 10.000
- Depósito de PRFV construido para enterrar.
- Juego de tuberías de entrada, ventilación y rebose a cabecera de planta.
- Incluye bomba para alojar en decantador secundario: bomba tipo vortex de paso 50 mm, de 0.55 kW III 400 v 50 Hz, construido en inox. Con salida de impulsión en DN 40-50 mm.

Es importante destacar que el depósito incorpora las bombas necesarias para recoger los lodos. En este caso el distribuidor permite la instalación de dos bombas, una por decantador.

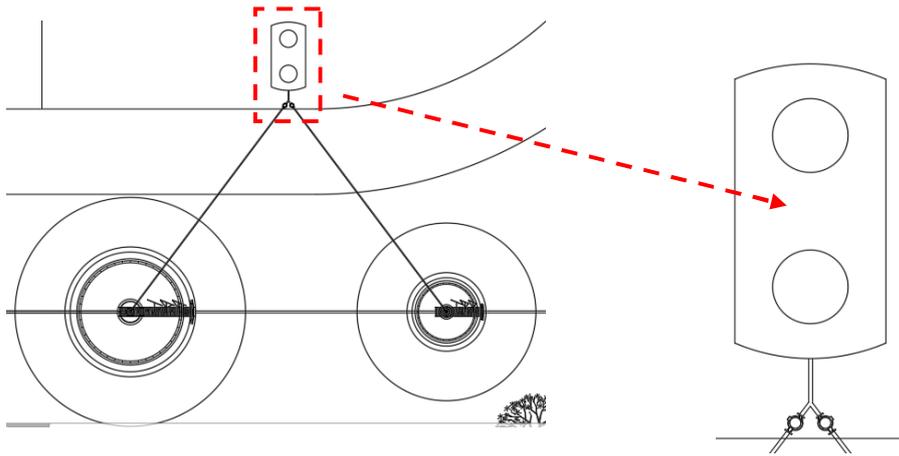


Figura 38 Situación de depósito y bombas y conexión con decantadores. Fuente: Documento 3: PLANOS

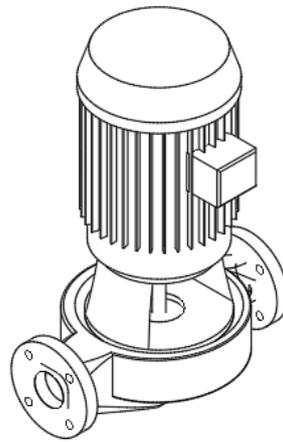


Figura 39 Detalle bomba de impulsión de fangos hacia el depósito. Fuente: Documento 3: PLANOS

7. Plan de obra

Se ha calculado un plazo de seis (6) meses y quince (15) días para la ejecución de la obra, tal y como se justifica en el ANEJO 5: *Programa de trabajos*.

Como se puede observar en el apartado 2.7. *Diagrama de Gannt* del ANEJO 5: *Programa de trabajos*. En este plazo de tiempo se incluye las fases de pruebas de funcionamiento y de puesta en marcha de la instalación.

9. Normativa

Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

Real Decreto-Ley 4/2007, de 13 de abril, por el que se modifica el texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.

Real Decreto 1161/2010, de 17 de septiembre, por el que se modifica el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.

Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

Directiva 2014/101/UE de la Comisión, de 30 de octubre de 2014, que modifica la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.

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 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.

Real Decreto 606/2003 de 23 de mayo, por el que se modifica el RDPH.

Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de Planificación Hidrológica.

Normas ISO y UNE.

Normas DIN

Normas ASTM

Normas NTE

Normas AENOR

10. Bibliografía

- [1] Moreno, J. Moral, R. García-Morales, J.L., Pascual, J.A. y Bernal, M.P. Residuos ganaderos I.2. – Red española de compostaje. Madrid: Ediciones Paraninfo S.A., 18/05/2016.
- [2] Campos, E., Palatsi, J., Illa, J., Solé, F., Magrí, A., Flotats, X. Guía de los tratamientos de las excreciones ganaderas. Lleida: Generalitat de Catalunya (www.arc-cat.com), Diciembre 2004.
- [3] Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación, Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística.
- [4] Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación, Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística.
- [5] Google Maps
- [6] Departamento de transportes, movilidad y cohesión del territorio. Diputación foral de Bizkaia.
- [7] de Luis, A. Apuntes de asignatura aguas y medio ambiente
- [8] Eliutt, D., Evaluación del impacto de la retención de sólidos suspendidos en los estanques de cultivo de trucha sobre la calidad fisicoquímica del agua para producción de peces (<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7690/1/3750-0445521.pdf>), Santiago de Cali: Universidad del Valle, Septiembre 2011
- [9] Merino, D., Cuantificación y caracterización de los residuos Ganaderos de Guipuzkoa (<https://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2229002/ProyectoInforme.pdf/93c4e8aa-038c-e0ba-142a-522bed05ae22>). Zizurkil: Laboratorio grombiental Fraisoro - Diputación Foral de Gipuzkoa, Junio 2006.
- [10] Expósito, G. A. Modelización de procesos biológicos para la eliminación de residuos ganaderos. Madrid: Departamento de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente, 2004.
- [11] Incidencias ambientales y medidas correctoras en sectores agroalimentarios http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/60-123_INCIDENCIAS_AMBIENTALES_Y_MEDIDAS_CORRECTORAS_EN_SECTORES_AGROALIMENTARIOS/60-123/3_CAPITULO_II_SECTOR_DE_EXPLORACIONES_GANADERAS.PDF
- [12] Tratamiento biológico de purines. GEDAR: <https://www.gedar.com/PDF/BIOGEDAR/GEDAR-BioGedar-PURIN.pdf> [03-2019]

- [13] Marañón, E., Sastre, H., Castrillón, L., González, J.M. Generación de residuos de ganadería vacuna en Asturias. Oviedo: Dept. de ingeniería química y tecnología del medio ambiente. Universidad de Oviedo. Diciembre 1998.
- [14] SODEMASA, S.A.U. Planta de tratamiento de purín en Valderrobres para el Gobierno de Aragón.
- [15] Instituto Geológico y Minero de España. http://aguas.igme.es/igme/publica/libro38/pdf/lib38/in_10a3.pdf [02-2019]
- [16] Campos Pozuelo, E., Illa Alibés, J., MagríAloy, A., PalatsiCivit, J., Solé Mauri, F., Flotats Ripoll, X. Guía de los tratamientos de las excreciones ganaderas (http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/guia_dejeccions.pdf) Lleida: Sistema documental de residuos de la Generalitat de Catalunya, 2004.
- [17] Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/ANEJO_7_CODIGOS_BPA_tcm30-150046.pdf [04-2019]
- [18] Merino, D., Cuantificación y caracterización de los residuos Ganaderos de Guipuzkoa (<https://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2229002/ProyectoInforme.pdf/93c4e8aa-038c-e0ba-142a-522bed05ae22>). Zizurkil: Laboratorio grombiental Fraisoro - Diputación Foral de Gipuzkoa, Junio 2006.
- [19] INGENIERO AMBIENTAL <http://www.ingenieroambiental.com/4014/siete.pdf> [07-2019]
- [20] Maldonado, V. Capitulo 7. Sedimentación. Manual I: teoría.
- [21] Suárez, J. Fichas técnicas de etapas de proceso de plantas de tratamiento de aguas residuales (<https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Decantaci%C3%B3n+primaria+convencional.pdf/40f134f4-529a-d6ec-eafa-3eff20f8ad5d>). A Coruña: Universidade da Coruña, Junio 2014.
- [22] GEDAR empresa andaluza de gestión de aguas y residuos (<https://www.gedar.com/residuales/desbaste/tamiz-estatico.htm>).
- [23] M. Silve. Tema 11: Procesos de tratmiento de efluentes líquidos I: Tratamientos físicos.Vitoria: Escuela Universitaria Ingeniería de Vitoria Gasteiz (<https://slideplayer.es/slide/9911697/>), Noviembre 2019.
- [24] Tuset, S. Condorchem Envitech <https://blog.condorchem.com/tag/filtracion/>, Septiembre 2019.

- [25] Moller y Chastain. Residuos ganaderos I.2. – Red española de compostaje - J. Moreno, R. Moral, J.L. García-Morales, J.A. Pascual y M.P. Bernal. Madrid: Ediciones Paraninfo S.A., 1991 y 2000.
- [26] Lenntech B.V.
<https://www.lenntech.es/centrifugacion.htm#ixzz5s5YCw6Cy> [05-2019]
- [27] Guía de la industria. www.guiadelaindustria.com. [06-2019]
- [28] Flottweg Separation Technology. <https://www.flottweg.com/es/> [06-2019]
- [29] BID Mejorando Vidas. <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/sedimentador> [05-2019]
- [30] Huertas, R. y Marcos, C. Manual de implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino León: Gráficas CELARAYN S.A, Marzo 2013.
- [31] Iagua Connecting Waterpeople. <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/lechos-bacterianos-tecnologia-robusta-pero-tanto-olvidada> [07-2019]
- [32] Bracho Luzardo, M., Marcos Barquilla, P., Moreno Arias, L., Olivares Peña, J.A. Tratamiento no convencional de las aguas residuales urbanas de Tucaní, Venezuela. Venezuela: EOI Escuela de Organización Industrial, Julio 2016.
- [33] Creces Ciencia y Tecnología. <http://www.creces.cl/Contenido?art=680> [06-2019]
- [34] Perera, P. Guía procesos extensivos de depuración de las aguas residuales adaptadas a las pequeñas y medias colectividades. Luxemburgo: Comisión Europea, 2001.
- [35] Seoáñez Calvo, M. Manual de las aguas residuales industriales. McGraw-Hill, 2012.
- [36] Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t10.html> [03-2019]
- [37] Sistemas de depuración natural: <http://depuranatura.blogspot.com/2011/05/lagunas-anaerobias.html> [06-2019]
- [38] Sistemas de depuración natural: <http://depuranatura.blogspot.com/2011/05/laguna-facultativa-esquema-del-ciclo.html> [06-2019]
- [39] Sistemas de depuración natural: <http://depuranatura.blogspot.com/2011/05/lagunas-de-maduracion-la-tecnologia-de.html> [06-2019]

- [40] Aguas Residuales Info
<https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/abaqua-mejorara-el-rendimiento-de-la-edar-de-muro-santa-margalida-en-las-islas-balear-6ce2f> [07-2019]
- [41] Huertas, R. y Marcos, C. Manual de implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino León: Gráficas CELARAYN S.A, Marzo 2013.
- [42] Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento www.alianzaporelagua.com [05-2019]
- [43] TEMAC <https://www.temac.cl/> [07-2019]
- [44] INDITEX. Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Monográficos agua en Centroamérica
- [45] Iagua Connecting Waterpeople. <https://www.iagua.es/blogs/carolina-miguel/los-humedales-artificiales-componentes-y-tipos> [06-2019]
- [46] Rabat Blázquez, J. Análisis de los modelos de diseño de los sistemas naturales de depuración. Alicante: Universidad de Alicante, Junio 2016.
- [47] Mateu, B. Estudio y dimensionado experimental de humedales artificiales para la mejora de la calidad de aguas de cursos fluviales eutrofizados. Elche: Facultad de ciencias experimentales, Junio 2015.
- [48] Ralcea. Lagunas, tecnologías de tratamiento de Aguas residuales para reuso. Buenos Aires: Facultad de ciencias veterinarias, Agosto 2013
- [49] Salher Ibérica, S.L. https://www.salher.com/wp-content/uploads/documentos/catalogue_ES.pdf [04-2019]
- [50] Procesos auto-mecanizados pam
<https://www.procesosautomecanizados.com/index.php?pag=producto&id=141&c%5b%5d=168&c%5b%5d=159> [05-2019]
- [51] Hidrometálica. <https://hidrometalica.com/> [09-2019]
- [52] Tegui contenedores <http://teguicontenedores.com/contenedores-sistema-gancho/32-ctgr30-.html> [07-2019]
- [53] Salher Ibérica, S.L. <https://www.salher.com/> [07-2019]
- [54] Gobierno Vasco. Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco. Euskadi: Departamento de Vivienda, Obras Públicas y Transportes, Noviembre 2012
- [55] Comisión Técnica de la Asociación de Fabricantes de Impermeabilizantes Asfálticos. Manual de impermeabilización con láminas asfálticas en cubierta metálica (2.a edición). España: DIN Impresores, 2007.

- [56] Ente Vasco de la Energía. <https://www.eve.eus/EveWeb/media/EVE/pdf/Mapa%20Geologico%20del%20Pais%20Vasco/61-II.pdf>
- [57] Ente Vasco de la Energía. <https://www.eve.eus/EveWeb/media/EVE/pdf/Mapa%20Geologico%20del%20Pais%20Vasco/61-II.pdf>
- [58] Tecnalia. Estudio geológico – geotécnico. Zamudio: Centro de investigación y desarrollo electrotécnico, Octubre 2010.
- [59] Instituto Geográfico Nacional <http://www.ign.es/web/ign/portal/mapas-sismicidad> [06-2019]
- [60] Documento Básico SE-C. <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-C.pdf> [05-2019]
- [61] Dokumen <https://dokumen.tips/documents/abacos-hoek-y-bray.html> [07-2019]
- [62] Planeamiento Territorial - Planes Territoriales Parciales http://www.bizkaia.eus/hirigintza/lurraldekozatiegitasmoa/ca_zipbilbao1.asp?Tem_Codigo=246&Idioma=CA [09-2019]
- [63] Planeamiento Territorial - Planes Territoriales Parciales http://www.bizkaia.eus/hirigintza/lurraldekozatiegitasmoa/ca_zipbilbao1.asp?Tem_Codigo=246&Idioma=CA [09-2019]
- [64] Programa de medidas. Plan hidrológico. España: URA, Diciembre 2015. https://www.chcantabrico.es/documents/20143/56306/PROGRAMA_DE_MEDIDAS.pdf/450a3264-679c-84ef-77c4-33b935f24394
- [65] Geoeskadi https://www.geo.euskadi.eus/s69-bisorea/es/x72aGeoeskadiWAR/index.jsp?def_groups=medio_ambiente&wmsLayers=medio_ambiente-habitats#38&xmin=519993.72960771&xmax=540801.25039341&ymin=4744638.016146&ymin=4754663.7445348 [08-2019]
- [66] Inventario de presiones. Plan hidrológico. España: URA, Diciembre 2015. https://www.chcantabrico.es/documents/20143/56290/7_ANEJO_VII.pdf/365d99a9-386f-93b1-b71b-3b06ae14fb4f [08-2019]
- [67] Flora y fauna del parque natural de Urkiola. Diputación Foral. http://www.bizkaia.eus/home2/Temas/DetalleTema.asp?Tem_Codigo=8072&idioma=CA&dpto_biz=2&codpath_biz=2|7309|217|2918|8072 [08-2019]

- [68] Mapas de ruido. Diputación foral http://www.bizkaia21.eus/atalak/TerritorioSostenible/Zarata/ficha_mapas_ruido.asp?idPagina=253 [08-2019]
- [69] Geoeuskadi. URA <http://www.uragentzia.euskadi.net/appcont/gisura/> [09-2019]
- [70] Estudio y patronamiento de vertederos. Universidad de Cauca. <https://www.slideshare.net/jorgebenifloresrodriguez/2-vertederos> [10-2019]
- [71] Fuentes, A. Diseño y cálculo de la obra de llegada y pretratamiento de una EDARU. Departamento de Ingeniería y química.
- [72] Depuración para principiantes II: diseño de la obra de llegada. <https://www.iagua.es/blogs/jorge-chamorro/depuracion-principiantes-ii-diseno-obra-llegada> [10-2019]
- [73] Expropiaciones. Provincia de Valencia. Ministerio de fomento. https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/pdf/C8539156-9DB3-4B76-9122-FCB74CF01E57/142283/Anejo_2Expropiaciones.pdf [10-2019]
- [74] Catastro de la Diputación Foral de Bizkaia. http://apps.bizkaia.net/KUNO/visor/ml_KUNO_index.jsp [10-2019]
- [75] Catastro de Bizkaia <http://apps.bizkaia.net/KUPW/servlet/webAgentKUPW> [10-2019]

ANEJOS

ANEJOS

ANEJO 1: Justificación de precios.....	94
ANEJO 2. Programa de trabajos	130
ANEJO 3: Estudio geotécnico.....	145
ANEJO 4: Estudio de impacto y recuperación medioambiental.....	160
ANEJO 5: Cálculo de Instalaciones.....	179
ANEJO 6. Expropiaciones.....	214

ANEJO 1: Justificación de precios

ANEJO 1: Justificación de precios

01	OBRAS PRELIMINARES	97
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	97
03	OBRAS CIVIL CREACIÓN EXPLANADA	109
05	SERVICIOS	117
06	JARDINERÍA.....	125
07	ACABADO Y SEÑALIZACIÓN	126
08	PRESUPUESTO ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	127
09	EXPROPIACIONES.....	127
10	PERSONAL.....	127

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
01	OBRAS PRELIMINARES			
01.01	LIMPIEZA DE TERRENO			
E02AM010	m2 Desbroce y limpieza de terreno a máquina Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.	29.500,00	0,45	13.275,00
	TOTAL 01.01			13.275,00
	TOTAL 01			13.275,00
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
02.01	DESBROCE Y EXCAVACIÓN DE TIERRA VEGETAL			
ADL010	m² Desbroce y limpieza del terreno con arbustos, con medios manuales. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas p Desbroce y limpieza del terreno con arbustos, con medios manuales. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: arbustos, pequeñas plantas, tocones, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga manual a camión. Incluye: Replanteo en el terreno. Corte de arbustos. Remoción manual de los materiales de desbroce. Retirada y disposición manual de los materiales objeto de desbroce. Carga manual a camión. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados. Criterio de valoración económica: El precio no incluye la tala de árboles ni el transporte de los materiales retirados.	29.500,00	7,30	215.350,00
ADL015	Ud Talado de árbol de hasta 5 m de altura, de 15 a 30 cm de diámetro de tronco y copa poco frondosa, con motosierra, con extracción Talado de árbol de hasta 5 m de altura, de 15 a 30 cm de diámetro de tronco y copa poco frondosa, con motosierra, con extracción del tocón, y carga manual a camión. Incluye: Corte del tronco del árbol cerca de la base. Extracción del tocón y las raíces. Troceado del tronco, las ramas y las raíces. Retirada de restos y desechos. Carga a camión. Relleno y compactación del hueco con tierra de la propia excavación. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales retirados.	7,00	21,27	148,89
	TOTAL 02.01			215.498,89

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
02.02 ADD010	DESMONTE DE TERRENO A NIVEL m ³ Desmonte en tierra, para dar al terreno la rasante de explanación prevista, con empleo de medios mecánicos, y carga a camión. Desmonte en tierra, para dar al terreno la rasante de explanación prevista, con empleo de medios mecánicos, y carga a camión. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Trazado de los bordes de la base del terraplén. Desmonte en sucesivas franjas horizontales. Redondeado de perfil en bordes ataluzados en las aristas de pie, quiebras y coronación. Refino de taludes. Carga a camión de los materiales excavados. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre los perfiles de los planos topográficos de Proyecto, que definen el movimiento de tierras a realizar en obra. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen excavado sobre los perfiles transversales del terreno, una vez comprobado que dichos perfiles son los correctos según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.			
			26.632,96	1,87 49.803,64
	TOTAL 02.02			49.803,64

02.03	EXCAVACIÓN DE ZANJAS Y VOLÚMENES DE LAGUNAS
02.03.01	EXCAVACIÓN DE ZANJAS
02.03.01.01	ARQUETA DE GRANJA A ARQUETA DE LLEGADA
ADE010	m ³ Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carg Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluso tablonces, cabeceros y codales de madera para apuntalamiento y entibación ligera, para una protección del 20%. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de tablonces, cabeceros y codales de madera, para la formación de la entibación. Clavado de todos los elementos. Desmontaje gradual del apuntalamiento y de la entibación. Carga a camión de los materiales excavados. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
		18,31	35,42	648,54
TOTAL 02.03.01.01				648,54

02.03.01.02 ARQUETA DE LLEGADA A POZO DE GRUESOS

ADE010 m³ Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.
 Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluso tabloncillos, cabeceros y codales de madera para apuntalamiento y entibación ligera, para una protección del 20%.
 Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de tabloncillos, cabeceros y codales de madera, para la formación de la entibación. Clavado de todos los elementos. Desmontaje gradual del apuntalamiento y de la entibación. Carga a camión de los materiales excavados.
 Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.
 Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.
 Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.

0,20 35,42 7,08

TOTAL 02.03.01.02 7,08

02.03.01.03 POZO DE GRUESOS A DESBASTE

ADE010 m³ Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.
 Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluso tabloncillos, cabeceros y codales de madera para apuntalamiento y entibación ligera, para una protección del 20%.
 Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de tabloncillos, cabeceros y codales de madera, para la formación de la entibación. Clavado de todos los elementos. Desmontaje gradual del apuntalamiento y de la entibación. Carga a camión de los materiales excavados.
 Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.
 Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.			
		0,20	35,42	7,08
TOTAL 02.03.01.03				7,08
02.03.01.04	DESBASTE A DECANTADOR 1			
ADE010	m ³ Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carg Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluso tablones, cabeceros y codales de madera para apuntalamiento y entibación ligera, para una protección del 20%. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de tablones, cabeceros y codales de madera, para la formación de la entibación. Clavado de todos los elementos. Desmontaje gradual del apuntalamiento y de la entibación. Carga a camión de los materiales excavados. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.			
		3,25	35,42	115,12
TOTAL 02.03.01.04				115,12
02.03.01.05	DECANTADOR 1 A DECANTADOR 2			
ADE010	m ³ Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carg Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluso tablones, cabeceros y codales de madera para apuntalamiento y entibación ligera, para una protección del 20%. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de tablones, cabeceros y codales de madera, para la formación de la entibación. Clavado de todos los elementos. Desmontaje gradual del apuntalamiento y de la entibación. Carga a camión de los materiales excavados. Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	<p>teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p>			
		3,82	35,42	135,30
TOTAL 02.03.01.05				135,30
02.03.01.06	DECANTADOR 2 A LAGUNA ANAEROBIA 1			
ADE010	<p>m³ Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carg</p> <p>Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluso tablonés, cabeceros y codales de madera para apuntalamiento y entibación ligera, para una protección del 20%.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de tablonés, cabeceros y codales de madera, para la formación de la entibación. Clavado de todos los elementos.</p> <p>Desmontaje gradual del apuntalamiento y de la entibación. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p>			
		4,45	35,42	157,62
TOTAL 02.03.01.06				157,62
02.03.01.07	LAGUNA ANAEROBIA 1 A LAGUNA ANAEROBIA 2			
ADE010	<p>m³ Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carg</p> <p>Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluso tablonés, cabeceros y codales de madera para apuntalamiento y entibación ligera, para una protección del 20%.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	<p>alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de tablonces, cabeceros y codales de madera, para la formación de la entibación. Clavado de todos los elementos. Desmontaje gradual del apuntalamiento y de la entibación. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p>			
		2,50	35,42	88,55
TOTAL 02.03.01.07				88,55
02.03.01.08	LAGUNA ANAEROBIA 2 A LAGUNA ANAEROBIA 3			
ADE010	<p>m³ Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carg</p> <p>Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluso tablonces, cabeceros y codales de madera para apuntalamiento y entibación ligera, para una protección del 20%.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de tablonces, cabeceros y codales de madera, para la formación de la entibación. Clavado de todos los elementos. Desmontaje gradual del apuntalamiento y de la entibación. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p>			
		2,50	35,42	88,55
TOTAL 02.03.01.08				88,55

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe	
02.03.01.09	LAGUNA ANAEROBIA 3 A LAGUNA ANAEROBIA 4				
ADE010	<p>m³ Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carg</p> <p>Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluso tablones, cabeceros y codales de madera para apuntalamiento y entibación ligera, para una protección del 20%.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de tablones, cabeceros y codales de madera, para la formación de la entibación. Clavado de todos los elementos.</p> <p>Desmontaje gradual del apuntalamiento y de la entibación. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p>				
			2,50	35,42	88,55
	TOTAL 02.03.01.09				88,55
02.03.01.10	LAGUNA ANAEROBIA 4 A LAGUNA FACULTATIVA				
ADE010	<p>m³ Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carg</p> <p>Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluso tablones, cabeceros y codales de madera para apuntalamiento y entibación ligera, para una protección del 20%.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de tablones, cabeceros y codales de madera, para la formación de la entibación. Clavado de todos los elementos.</p> <p>Desmontaje gradual del apuntalamiento y de la entibación. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p>				

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
		19,10	35,42	676,52
TOTAL 02.03.01.10				676,52
02.03.01.11	LAGUNA FACULTATIVA A LAGUNA DE MADURACIÓN			
ADE010	<p>m³ Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carg</p> <p>Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluso tablones, cabeceros y codales de madera para apuntalamiento y entibación ligera, para una protección del 20%. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de tablones, cabeceros y codales de madera, para la formación de la entibación. Clavado de todos los elementos. Desmontaje gradual del apuntalamiento y de la entibación. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p>			
		3,00	35,42	106,26
TOTAL 02.03.01.11				106,26
02.03.01.12	BY PASS ARQUETA DE LLEGADA A TRAMO FINAL			
ADE010	<p>m³ Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carg</p> <p>Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluso tablones, cabeceros y codales de madera para apuntalamiento y entibación ligera, para una protección del 20%. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de tablones, cabeceros y codales de madera, para la formación de la entibación. Clavado de todos los elementos. Desmontaje gradual del apuntalamiento y de la entibación. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros y sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	<p>imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p>			
		22,92	35,42	811,83
	TOTAL 02.03.01.12			811,83
	TOTAL 02.03.01			2.931,00
02.03.02	EXCAVACIÓN VOLÚMENES LAGUNAS			
02.03.02.01	LAGUNA ANAEROBIA 1			
ADE002	<p>m³ Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.</p> <p>Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.</p>			
		3.684,28	5,40	19.895,11
	TOTAL 02.03.02.01			19.895,11
02.03.02.02	LAGUNA ANAEROBIA 2			
ADE002	<p>m³ Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.</p> <p>Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.			

1.842,17 5,40 9.947,72

TOTAL 02.03.02.02

9.947,72

02.03.02.03 LAGUNA ANAEROBIA 3

ADE002 m³ Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.

Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.

Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.

Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.

Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.

921,08 5,40 4.973,83

TOTAL 02.03.02.03

4.973,83

02.03.02.04 LAGUNA ANAEROBIA 4

ADE002 m³ Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.

Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.

Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.

Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.

Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
			460,51	5,40 2.486,75

TOTAL 02.03.02.04

2.486,75

02.03.02.05 LAGUNA FACULTATIVA

ADE002 m³ Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.

Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.

Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.

Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.

Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.

5.680,00 5,40 30.672,00

TOTAL 02.03.02.05

30.672,00

02.03.02.06 LAGUNA DE MADURACIÓN

ADE002 m³ Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.

Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión.

Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Carga a camión de los materiales excavados.

Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados, ni el relleno necesario para reconstruir la sección teórica por defectos imputables al Contratista. Se medirá la excavación una vez realizada y antes de que sobre ella se efectúe ningún tipo de relleno. Si el Contratista cerrase la excavación antes de conformada la medición, se entenderá que se aviene a lo que unilateralmente determine el director de la ejecución de la obra.

Criterio de valoración económica: El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.

3.670,53 5,40 19.820,86

TOTAL 02.03.02.06

19.820,86

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	TOTAL 02.03.02			87.796,27
	TOTAL 02.03			90.727,27
02.04	RELLENO PROPIO COMPACTADO			
ADP010	<p>m³ Terraplenado para cimientado de terraplén, mediante el extendido en tongadas de espesor no superior a 30 cm de material de la propia excavación, que cumple los requisitos expuestos en el art. 330.3.1 del PG3 y posterior compactación con medios mecánicos hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501, y ello cuantas veces sea necesario, hasta conseguir la cota de subrasante.</p> <p>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Trazado de los bordes de la base del terraplén. Excavación de la capa vegetal de la base y preparación de la superficie de apoyo. Escarificado, refino, reperfilado y formación de pendientes. Carga, transporte y extendido por tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Compactación por tongadas.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre los perfiles de los planos topográficos de Proyecto, que definen el movimiento de tierras a realizar en obra.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen de relleno sobre los perfiles transversales del terreno realmente ejecutados, compactados y terminados según especificaciones de Proyecto, siempre que los asientos medios del cimientado debido a su compresibilidad sean inferiores al dos por ciento de la altura media del relleno tipo terraplén. En caso contrario, podrá abonarse el exceso de volumen de relleno, siempre que este asiento del cimientado haya sido comprobado mediante la instrumentación adecuada, cuya instalación y coste correrá a cargo del Contratista. No serán de abono los rellenos que fuesen necesarios para restituir la explanación a las cotas proyectadas debido a un exceso de excavación o cualquier otro caso de ejecución incorrecta imputable al Contratista, ni las creces no previstas en este Proyecto, estando el Contratista obligado a corregir a su costa dichos defectos sin derecho a percepción adicional alguna.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado.</p>			36.699,38 9,14335.432,33
ADT010	<p>m³ Transporte de tierras con camión de 12 t de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno dentro de la obra.</p> <p>Transporte de tierras con camión de 12 t de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno dentro de la obra.</p> <p>Incluye: Transporte de tierras dentro de la obra.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre las secciones teóricas de las excavaciones, incrementadas cada una de ellas por su correspondiente coeficiente de esponjamiento, de acuerdo con el tipo de terreno considerado.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, incluyendo el esponjamiento, el volumen de tierras realmente transportado según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.</p>			36.699,38 0,8230.093,49
	TOTAL 02.04			365.525,82

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	TOTAL 02			721.555,62

03 OBRAS CIVIL CREACIÓN EXPLANADA

03.01	DISTRIBUCIÓN ZA			
MBG010	<p>m³ Base granular con zahorra artificial caliza, y compactación al 95% del Proctor Modificado con medios mecánicos, en tongadas de 30 cm de espesor, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al al 95% del Proctor Modificado de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501, para mejora de las propiedades resistentes del terreno. Incluso carga, transporte y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y humectación de los mismos.</p> <p>Incluye: Transporte y descarga del material a pie de tajo. Extendido del material en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Compactación.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen medido sobre los planos de perfiles transversales del Proyecto, que definen el movimiento de tierras a realizar en obra.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, en perfil compactado, el volumen realmente ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado.</p>	8.850,00	30,91	273.553,50
	TOTAL 03.01			273.553,50
03.02	DISTRIBUCIÓN MB			
MPB010	<p>m² Capa de 5 cm de espesor de mezcla bituminosa continua en caliente AC16 surf D, para capa de rodadura, de composición densa, con granítico de 16 mm de tamaño máximo y betún asfáltico de penetración.</p> <p>Incluye: Replanteo de niveles. Transporte de la mezcla bituminosa. Extensión de la mezcla bituminosa. Compactación de la capa de mezcla bituminosa. Ejecución de juntas transversales y longitudinales en la capa de mezcla bituminosa. Limpieza final.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye la capa base.</p>	29.500,00	6,73	198.535,00
	TOTAL 03.02			198.535,00
03.04	HORMIGONADO Y FRAGUADO			
03.04.01	ARQUETA DE LLEGADA			
CHH005	<p>m³ Hormigón HL150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de Hormigón HL150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión,</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	<p>para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, en el fondo de la excavación previamente realizada. Incluye: Replanteo. Colocación de toques y/o formación de maestras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>			
			0,15	76,69 11,50
CHH020	<p>m³ Hormigón HM20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata.</p> <p>Hormigón HM20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata.</p> <p>Incluye: Vertido y compactación del hormigón. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>			
			1,02	166,06 169,38
CHE010	<p>m² Montaje y desmontaje de sistema de encofrado a una cara con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálicos</p> <p>Montaje y desmontaje de sistema de encofrado a una cara con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálicos modulares, amortizables en 150 usos, para formación de muro de hormigón armado, de entre 3 y 6 m de altura y superficie plana, para contención de tierras. Incluso tubos de PVC para formación de mechinales; pasamuros para paso de los tensores; elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento necesarios para su estabilidad; y líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.</p> <p>Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo del encofrado sobre la cimentación. Colocación de tubos para formación de mechinales. Colocación de pasamuros para paso de los tensores. Aplicación del líquido desencofrante. Montaje del sistema de encofrado. Colocación de elementos de sustentación, fijación y acodalamiento. Aplomado y nivelación del encofrado. Desmontaje del sistema de encofrado. Limpieza y almacenamiento del encofrado.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie de encofrado en contacto con el hormigón, medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie de encofrado en contacto con el hormigón realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			
			5,90	28,80 169,92
TOTAL 03.04.01				350,80
03.04.03	DECANTADORES			
CHH005	<p>m³ Hormigón HL150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de</p> <p>Hormigón HL150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión,</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	<p>para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, en el fondo de la excavación previamente realizada. Incluye: Replanteo. Colocación de toques y/o formación de maestras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>			
		5,10	76,69	391,12
CHH020	<p>m³ Hormigón HM20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata.</p> <p>Hormigón HM20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata.</p> <p>Incluye: Vertido y compactación del hormigón. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>			
		22,85	166,06	3.794,47
CHE010	<p>m² Montaje y desmontaje de sistema de encofrado a una cara con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálic</p> <p>Montaje y desmontaje de sistema de encofrado a una cara con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálicos modulares, amortizables en 150 usos, para formación de muro de hormigón armado, de entre 3 y 6 m de altura y superficie plana, para contención de tierras. Incluso tubos de PVC para formación de mechinales; pasamuros para paso de los tensores; elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento necesarios para su estabilidad; y líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.</p> <p>Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo del encofrado sobre la cimentación. Colocación de tubos para formación de mechinales. Colocación de pasamuros para paso de los tensores. Aplicación del líquido desencofrante. Montaje del sistema de encofrado. Colocación de elementos de sustentación, fijación y acodalamiento. Aplomado y nivelación del encofrado. Desmontaje del sistema de encofrado. Limpieza y almacenamiento del encofrado.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie de encofrado en contacto con el hormigón, medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie de encofrado en contacto con el hormigón realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			
		114,10	28,80	3.286,08
TOTAL 03.04.03				7.471,67
03.04.04	LAGUNAS ANAEROBIAS			
CHH005	<p>m³ Hormigón HL150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de</p> <p>Hormigón HL150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, en el fondo de la excavación previamente realizada. Incluye: Replanteo. Colocación de toques y/o formación de maestras.</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase del hormigón. Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.			
		125,60	76,69	9.632,26
CHH020	m³ Hormigón HM20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata. Hormigón HM20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata. Incluye: Vertido y compactación del hormigón. Curado del hormigón. Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.			
		155,90	166,06	25.888,75
CHE010	m² Montaje y desmontaje de sistema de encofrado a una cara con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálicos Montaje y desmontaje de sistema de encofrado a una cara con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálicos modulares, amortizables en 150 usos, para formación de muro de hormigón armado, de entre 3 y 6 m de altura y superficie plana, para contención de tierras. Incluso tubos de PVC para formación de mechinales; pasamuros para paso de los tensores; elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento necesarios para su estabilidad; y líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo del encofrado sobre la cimentación. Colocación de tubos para formación de mechinales. Colocación de pasamuros para paso de los tensores. Aplicación del líquido desencofrante. Montaje del sistema de encofrado. Colocación de elementos de sustentación, fijación y acodamiento. Aplomado y nivelación del encofrado. Desmontaje del sistema de encofrado. Limpieza y almacenamiento del encofrado. Criterio de medición de proyecto: Superficie de encofrado en contacto con el hormigón, medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie de encofrado en contacto con el hormigón realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.			
		779,70	28,8022	455,36
TOTAL 03.04.04				57.976,37
03.04.05	LAGUNAS FACULTATIVA Y DE MADURACIÓN			
CHH005	m³ Hormigón HL150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de Hormigón HL150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, en el fondo de la excavación previamente realizada. Incluye: Replanteo. Colocación de toques y/o formación de maestras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase del hormigón. Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto.			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.			
		478,70	76,69	36.711,50
CHH020	<p>m³ Hormigón HM20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata.</p> <p>Hormigón HM20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata.</p> <p>Incluye: Vertido y compactación del hormigón. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>			
		110,70	166,06	18.382,84
CHE010	<p>m² Montaje y desmontaje de sistema de encofrado a una cara con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálicos</p> <p>Montaje y desmontaje de sistema de encofrado a una cara con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálicos modulares, amortizables en 150 usos, para formación de muro de hormigón armado, de entre 3 y 6 m de altura y superficie plana, para contención de tierras. Incluso tubos de PVC para formación de mechinales; pasamuros para paso de los tensores; elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento necesarios para su estabilidad; y líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.</p> <p>Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo del encofrado sobre la cimentación. Colocación de tubos para formación de mechinales. Colocación de pasamuros para paso de los tensores. Aplicación del líquido desencofrante. Montaje del sistema de encofrado. Colocación de elementos de sustentación, fijación y acodalamiento. Aplomado y nivelación del encofrado. Desmontaje del sistema de encofrado. Limpieza y almacenamiento del encofrado.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie de encofrado en contacto con el hormigón, medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie de encofrado en contacto con el hormigón realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			
		553,51	28,80	15.941,09
TOTAL 03.04.05				71.035,43
03.04.02	ALIVIADERO			
CHH005	<p>m³ Hormigón HL150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de</p> <p>Hormigón HL150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, en el fondo de la excavación previamente realizada.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación de toques y/o formación de maestras.</p> <p>Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	excesos de excavación no autorizados.			
		0,24	76,69	18,41
CHH020	<p>m³ Hormigón HM20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata.</p> <p>Hormigón HM20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata.</p> <p>Incluye: Vertido y compactación del hormigón. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>			
		4,18	166,06	694,13
CHE010	<p>m² Montaje y desmontaje de sistema de encofrado a una cara con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálic</p> <p>Montaje y desmontaje de sistema de encofrado a una cara con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálicos modulares, amortizables en 150 usos, para formación de muro de hormigón armado, de entre 3 y 6 m de altura y superficie plana, para contención de tierras. Incluso tubos de PVC para formación de mechinales; pasamuros para paso de los tensores; elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento necesarios para su estabilidad; y líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.</p> <p>Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo del encofrado sobre la cimentación. Colocación de tubos para formación de mechinales. Colocación de pasamuros para paso de los tensores. Aplicación del líquido desencofrante. Montaje del sistema de encofrado. Colocación de elementos de sustentación, fijación y acodalamiento. Aplomado y nivelación del encofrado. Desmontaje del sistema de encofrado. Limpieza y almacenamiento del encofrado.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie de encofrado en contacto con el hormigón, medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie de encofrado en contacto con el hormigón realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			
		5,22	28,80	150,34
TOTAL 03.04.02				862,88
TOTAL 03.04				137.697,15
03.05	IMPERMEABILIZACIÓN DE LAGUNAS			
NIA050	<p>m² Impermeabilización de depósitos de agua, balsas o piscinas, realizada mediante el sistema "SCHLÜTERSYSTEMS", formado por lámina</p> <p>Impermeabilización de depósitos de agua, balsas o piscinas, realizada mediante el sistema "SCHLÜTERSYSTEMS", formado por lámina impermeabilizante flexible de polietileno, con ambas caras revestidas de geotextil no tejido, SchlüterKERDI 200 "SCHLÜTERSYSTEMS", de 0,2 mm de espesor, fijada al soporte con adhesivo cementoso de fraguado normal, C1 extendido con lana dentada. Incluso adhesivo bicomponente, SchlüterKERDICOLLL "SCHLÜTERSYSTEMS", banda de refuerzo SchlüterKERDIKEBA 100/125 y masilla adhesiva elástica monocomponente, SchlüterKERDIFIX "SCHLÜTERSYSTEMS".</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	Incluye: Limpieza y preparación de la superficie soporte. Colocación de la impermeabilización. Resolución de los puntos singulares. Sellado de juntas. Sellado de entregas. Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto, desde las caras interiores de los antepechos o petos perimetrales que la limitan. Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, desde las caras interiores de los antepechos o petos perimetrales que la limitan. Criterio de valoración económica: El precio no incluye el revestimiento.			
		8.184,75	33,17	271.488,16
	TOTAL 03.05			271.488,16
	TOTAL 03			881.273,81
04	EQUIPOS			
04.01	EQUIPOS PRINCIPALES			
04.01.01	U DESBASTE Canal de PRFV (poliéster reforzado con fibra de vidrio) fabricado con resinas ortoftálicas. Reja de gruesos fabricada en acero inoxidable con luz de malla o separación entre barrotos de 30 mm. Reja de finos fabricada en acero inoxidable compuesta por chapa perforada con luz de malla de 6 mm. Sistema de limpieza manual. Tubuladuras de entrada y salida en PVC. Cestas de acero inoxidable con chapa perforada en parte inferior para deshidratación de residuos. Abierto por la parte superior Rastrillo en acero inoxidable para extracción de residuos sólidos.			
		1,00	4.954,00	4.954,00
04.01.02	U DECANTADOR 1 Material construcción PP 20mm Estructura de acero carbono pintado con imprimación anti óxido y epoxi 200. Modelo DCR700 Diámetro del decantador: 7 metros Diámetro a la altura del aliviadero: 6 metros Diámetro de la campana de tranquilización: 1,2 metros Diámetro del fondo de evacuación de lodos: 1,5 metros Profundidad mínima desde aliviadero: 2,5 metros Profundidad máxima desde aliviadero: 3,45 metros Volumen: 96 m3 Bridas de entrada y salida Ø 3157 Canal central de distribución del agua a lo largo del decantador, para homogenizar el reparto del agua portodo el decantador. Tolva de lodos con separador interior. Canal Thompson, lateral con peines regulables.			
		1,00	7.100,00	7.100,00
04.01.03	U DECANTADOR 2 Material construcción PP 20mm Estructura de acero carbono pintado con imprimación anti óxido y epoxi 200.			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	<p>Modelo DCO400 Diámetro del decantador: 4 metros Diámetro a la altura del aliviadero: 3 metros Diámetro de la campana de tranquilización: 0,8 metros Diámetro del fondo de evacuación de lodos: 0,6 metros Profundidad mínima desde aliviadero: 2,5 metros Profundidad máxima desde aliviadero: 3,04 metros Volumen: 35 m3 Bridas de entrada y salida Ø 3157 Canal central de distribución del agua a lo largo del decantador, para homogenizar el reparto del agua portodo el decantador. Tolva de lodos con separador interior. Canal Thompson, lateral con peines regulables.</p>			
		1,00	5.700,00	5.700,00
TOTAL 04.01				17.754,00
04.02	EQUIPOS COMPLEMENTARIOS			
04.02.01	CUCHARA BIVALBA Y BRAZO GRÚA			
05.02.01.01	<p>u CUCHARA BIVALBA La cuchara bivalva es de accionamiento electrohidráulico mediante cilindros que accionan la apertura y cierre de las valvas, de forma que los residuos son prensados y deshidratados paralelamente. Se colocan en pozos de gruesos y se diseñan para elevar una determinada capacidad, suspendidas mediante un polipasto se sumergen en el agua, por lo que el cuerpo central, donde se encuentra alojada la centralita hidráulica así como el depósito de aceite, es totalmente estanco. Los cilindros se encuentran articulados en sus extremos, y para conseguir la sincronización de ambos se unen con una barra diseñada para tal fin. Tendrá dos valvas, construidas en chapas electrosoldadas y estarán previstas de cartelas de refuerzo en el interior. Los bordes y labios de las valvas, estarán reforzados con material antidesgaste (dureza 450 HB). Se dispondrá de una barra de sincronismo para las dos valvas, que permitirá un cierre hermético de los labios con una fuerza continua, uniforme y simétrica. Para la evacuación de los líquidos contenidos en la cuchara mediante la operación de limpieza del pozo, se prevé unos agujeros de escurrido, rasgados.</p>			
		1,00	5.800,00	5.800,00
05.02.01.02	<p>U POLIPASTO ELÉCTRICO Instalación de plumas con piecon capacidad de carga de 4 t. y brazo útil 4 m., altura bajo brazo: 4,5 m., altura total de la pluma: 5020 mm., giro: motorizado 270°. Tensión: III400V50Hz. Velocidad de giro: 0,61/0,31 rpm. Potencia giro: 0,25/0,15 kW. Limitación de giro: Eléctrico +mecánico</p>			
		1,00	5.203,00	5.203,00
TOTAL 04.02.01				11.003,00
04.02.02	CONTENEDOR POZO DE GRUESOS			
05.02.02.01	<p>U CONTENEDOR DE POZO DE GRUESOS Contenedor Metálico Sistema Ganchos, con capacidad de 30 m3 aproximadamente. Medidas: 6000x2450x2200 mm. Chapa de 4 mm en el suelo. Chapa de 3 mm en el lateral. Vigas carril en IPN de 180 mm, reforzadas con costillas de IPN de 80 cada</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	500 mm. Rodillos de arrastre metálicos con sistema de burlón. Soldadura con máquina semiautomática de hilo continuo, bajo protección con mezcla de gases. Pintado con una capa de imprimación de alta calidad y dos capas de esmalte a elección del cliente. Puerta trasera de libro con cierre de seguridad superior e inferior, siendo el superior de un diseño especial para su fácil manipulación desde el suelo. Conformado en redondo macizo de 20 mm. Bisagras de acero de gran resistencia. Gancho de redondo macizo de 50 mm de Ø, montado sobre planchas de oxicorte de 20 mm, formando así una zona de enganche rígida para aumentar así la resistencia. Frontal del contenedor en chapa de 3mm reforzado este longitudinalmente con viga UPN100.			
		1,00	3.288,00	3.288,00
	TOTAL 04.02.02			3.288,00
04.02.03	DEPÓSITO DECANTACIÓN			
05.02.03.01	u DEPÓSITO FANGOS DECANTADOR Depósito de PRFV construido para enterrar. Juego de tuberías de entrada, ventilación y rebose acabecera de planta. Incluye bomba para alojar en decantador secundario: bomba tipo vortex de paso 50 mm, de 0.55 kW III 400v 50 hz, construido en inox. Con salida de impulsión en DN 4050 mm.			
		1,00	6.600,00	6.600,00
	TOTAL 04.02.03			6.600,00
	TOTAL 04.02			20.891,00
	TOTAL 04			38.645,00

05 SERVICIOS

05.01	TUBERÍAS ENTRE EQUIPOS			
05.01.01	ARQUETA DE GRANJA A ARQUETA DE LLEGADA			
IUA010	m Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Incluso juntas de goma y lubricante para montaje. Incluye: Replanteo del recorrido de la tubería. Descenso y colocación de los tubos en el fondo de la zanja. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
		18,31	229,76	4.206,91
TOTAL 05.01.01				3.569,72
05.01.02	ARQUETA DE LLEGADA A POZO DE GRUESO			
IUA010	<p>m Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal.</p> <p>Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Incluso juntas de goma y lubricante para montaje.</p> <p>Incluye: Replanteo del recorrido de la tubería. Descenso y colocación de los tubos en el fondo de la zanja. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.</p>			
		0,20	229,76	45,95
TOTAL 05.01.02				45,95
05.01.03	POZO DE GRUESOS A DEBASTE			
IUA010	<p>m Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal.</p> <p>Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Incluso juntas de goma y lubricante para montaje.</p> <p>Incluye: Replanteo del recorrido de la tubería. Descenso y colocación de los tubos en el fondo de la zanja. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.</p>			
		0,20	229,76	45,95
TOTAL 05.01.03				45,95
05.01.04	DESBASTE A DECANTADOR 1			
IUA010	<p>m Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal.</p> <p>Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Incluso juntas de goma y lubricante para montaje.</p> <p>Incluye: Replanteo del recorrido de la tubería. Descenso y colocación de los tubos en el fondo de la zanja. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.			
		3,25	229,76	746,72
TOTAL 05.01.04				746,72
05.01.05	DECANTADOR 1 A DECANTADOR 2			
IUA010	m Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Incluso juntas de goma y lubricante para montaje. Incluye: Replanteo del recorrido de la tubería. Descenso y colocación de los tubos en el fondo de la zanja. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.			
		3,82	229,76	877,68
TOTAL 05.01.05				877,68
05.01.06	DECANTADOR 2 A LAGUNA ANAEROBIA 1			
IUA010	m Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Incluso juntas de goma y lubricante para montaje. Incluye: Replanteo del recorrido de la tubería. Descenso y colocación de los tubos en el fondo de la zanja. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.			
		4,45	229,76	1.022,43
TOTAL 05.01.06				1.022,43
05.01.07	LAGUNA ANAEROBIA 1 A LAGUNA ANAEROBIA 2			
IUA010	m Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Incluso juntas de goma y lubricante para montaje.			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	Incluye: Replanteo del recorrido de la tubería. Descenso y colocación de los tubos en el fondo de la zanja. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.			
		2,50	229,76	574,40
TOTAL 05.01.07				574,40
05.01.08	LAGUNA ANAEROBIA 2 A LAGUNA ANAEROBIA 3			
IUA010	m Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Incluso juntas de goma y lubricante para montaje. Incluye: Replanteo del recorrido de la tubería. Descenso y colocación de los tubos en el fondo de la zanja. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.			
		2,50	229,76	574,40
TOTAL 05.01.08				574,40
05.01.09	LAGUNA ANAEROBIA 3 A LAGUNA ANAEROBIA 4			
IUA010	m Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Incluso juntas de goma y lubricante para montaje. Incluye: Replanteo del recorrido de la tubería. Descenso y colocación de los tubos en el fondo de la zanja. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto. Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.			
		2,50	229,76	574,40
TOTAL 05.01.09				574,40
05.01.10	LAGUNA ANAEROBIA 4 A LAGUNA FACULTATIVA			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
IUA010	<p>m Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal.</p> <p>Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Incluso juntas de goma y lubricante para montaje.</p> <p>Incluye: Replanteo del recorrido de la tubería. Descenso y colocación de los tubos en el fondo de la zanja. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.</p>			
		19,10	229,76	4.388,42
TOTAL 05.01.10				4.388,42
05.01.11	LAGUNA FACULTATIVA A LAGUNA DE MADURACIÓN			
IUA010	<p>m Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal.</p> <p>Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Incluso juntas de goma y lubricante para montaje.</p> <p>Incluye: Replanteo del recorrido de la tubería. Descenso y colocación de los tubos en el fondo de la zanja. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.</p>			
		3,00	229,76	689,28
TOTAL 05.01.11				689,28
05.01.12	BY PASS ARQUETA ANAEROBIA A TRAMO FINAL PLANTA			
IUA010	<p>m Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal.</p> <p>Tubo de fundición dúctil para unión por enchufe y caña, con junta elastomérica estándar, de 500 mm de diámetro nominal. Incluso juntas de goma y lubricante para montaje.</p> <p>Incluye: Replanteo del recorrido de la tubería. Descenso y colocación de los tubos en el fondo de la zanja. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos.</p>			
		22,92	229,76	5.266,10

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
TOTAL 05.01.12				5.266,10
TOTAL 05.01				18.375,45
05.02	EDIFICIO DE CONTROL			
CHA010	<p>kg Acero UNEEN 10080 B 500 S para elaboración y montaje de la ferralla en losa de cimentación. Incluso alambre de atar y separador</p> <p>Acero UNEEN 10080 B 500 S para elaboración y montaje de la ferralla en losa de cimentación. Incluso alambre de atar y separadores.</p> <p>Incluye: Corte y doblado de la armadura. Montaje y colocación de la armadura con separadores homologados. Sujeción de la armadura.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Peso teórico calculado según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se calculará el peso teórico de la armadura ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			
		425,00	1,09	463,25
CHH005	<p>m³ Hormigón HL150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de</p> <p>Hormigón HL150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, en el fondo de la excavación previamente realizada.</p> <p>Incluye: Replanteo. Colocación de toques y/o formación de maestras.</p> <p>Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>			
		3,30	76,69	253,08
CHH020	<p>m³ Hormigón HM20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata.</p> <p>Hormigón HM20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, para formación de zapata.</p> <p>Incluye: Vertido y compactación del hormigón. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen teórico, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>			
		13,20	166,06	2.191,99
LEA020	<p>Ud Block de puerta exterior de entrada a vivienda de una hoja, con moldura de forma doble provenzal, 800x2000 mm de luz y altura de</p> <p>Block de puerta exterior de entrada a vivienda de una hoja, con moldura de forma doble provenzal, 800x2000 mm de luz y altura de paso, compuesto por dos chapas de acero galvanizado de 1 mm de espesor, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia rellena de poliuretano inyectado de alta densidad, acabado lacado color blanco en sus caras y cantos, bastidor de acero y marco de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor y 100 mm de anchura con patillas de anclaje a obra, con cerradura de seguridad con un punto frontal de cierre; sin premarco. Incluso patillas de anclaje para la fijación del marco al paramento, tapajuntas de 45 mm de anchura, acabado lacado color blanco y tapeta de 40 mm de anchura, acabado lacado color blanco.</p> <p>Incluye: Marcado de puntos de fijación. Alojamiento y calzado del marco en el hueco del paramento. Colocación de la hoja. Relleno de la holgura</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	<p>entre marco y paramento con espuma de poliuretano. Colocación de herrajes de cierre y accesorios. Colocación de tapajuntas y tapetas. Ajuste final. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el recibido en obra de la carpintería.</p>			
		1,00	744,72	744,72
LCL060	<p>Ud Ventana de aluminio, gama básica, dos hojas practicables, con apertura hacia el interior, dimensiones 800x500 mm, acabado lacado</p> <p>Ventana de aluminio, gama básica, dos hojas practicables, con apertura hacia el interior, dimensiones 800x500 mm, acabado lacado color blanco, con el sello QUALICOAT, que garantiza el espesor y la calidad del proceso de lacado, compuesta de hoja de 48 mm y marco de 40 mm, junquillos, galce, juntas de estanqueidad de EPDM, manilla y herrajes, según UNEEN 143511; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m}$ = desde 5,7 W/(m²K); espesor máximo del acristalamiento: 26 mm, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNEEN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNEEN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNEEN 12210, sin premarco y sin persiana. Incluso patillas de anclaje para la fijación de la carpintería, silicona para sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento.</p> <p>Incluye: Ajuste final de las hojas. Sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye el recibido en obra de la carpintería.</p>			
		6,00	361,75	2.170,50
QTT010	<p>m² Cubierta inclinada de tejas cerámicas, sobre espacio habitable, con una pendiente media del 30%, compuesta de: impermeabilizació</p> <p>Cubierta inclinada de tejas cerámicas, sobre espacio habitable, con una pendiente media del 30%, compuesta de: IMPERMEABILIZACIÓN: placa bajo teja, fijada con tornillos al soporte; COBERTURA: teja cerámica curva, color rojo, 40x19x16 cm, recibida con mortero de cemento, industrial, M2,5. Incluso tejas de ventilación.</p> <p>Incluye: Limpieza y preparación de la superficie. Colocación de la placa bajo teja. Colocación de las tejas recibidas con mortero.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie del faldón medida en verdadera magnitud, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, en verdadera magnitud, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			
		33,00	39,68	1.309,44
ISC010	<p>m Canalón circular de PVC con óxido de titanio, de desarrollo 250 mm, color gris claro.</p> <p>Canalón circular de PVC con óxido de titanio, de desarrollo 250 mm, color gris claro, unión pegada con adhesivo, para recogida de aguas, formado por piezas preformadas, fijadas con gafas especiales de sujeción al alero, con una pendiente mínima del 0,5%. Incluso soportes, esquinas, tapas, remates finales, piezas de conexión a bajantes y piezas especiales.</p> <p>Incluye: Replanteo del recorrido del canalón y de la situación de los</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	<p>elementos de sujeción. Fijación del material auxiliar para montaje y sujeción a la obra. Montaje, conexiónado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			
		6,60	13,03	86,00
ISB011	<p>m Bajante exterior de la red de evacuación de aguas residuales, formada por tubo de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro y 3,2 mm d</p> <p>Bajante exterior de la red de evacuación de aguas residuales, formada por tubo de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor; unión pegada con adhesivo. Incluso líquido limpiador, adhesivo para tubos y accesorios de PVC, material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.</p> <p>Incluye: Replanteo del recorrido de la bajante y de la situación de los elementos de sujeción. Presentación en seco de los tubos. Fijación del material auxiliar para montaje y sujeción a la obra. Montaje, conexiónado y comprobación de su correcto funcionamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			
		4,00	21,70	86,80
FEF010	<p>m² Muro de carga de 11,5 cm de espesor de fábrica de ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, color Salmón, acabado liso</p> <p>Muro de carga de 11,5 cm de espesor de fábrica de ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, color Salmón, acabado liso, 24x11,5x5 cm, resistencia a compresión 20 N/mm², con juntas horizontales y verticales de 10 mm de espesor, junta rehundida, recibida con mortero de cemento industrial, color gris, M7,5, suministrado a granel.</p> <p>Incluye: Limpieza y preparación de la superficie soporte. Replanteo, planta a planta. Colocación y aplomado de miras de referencia. Tendido de hilos entre miras. Colocación de plomos fijos en las aristas. Colocación de las piezas por hiladas a nivel. Repaso de juntas y limpieza del paramento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 2 m². No se ha incrementado la medición por roturas y recortes, ya que en la descomposición se ha considerado un 5% más de piezas.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin duplicar esquinas ni encuentros, deduciendo los huecos de superficie mayor de 2 m².</p> <p>Criterio de valoración económica: El precio no incluye los zunchos horizontales ni la formación de los dinteles de los huecos del paramento.</p>			
		106,40	54,77	5.827,53
TOTAL 05.02				13.133,31
TOTAL 05				31.508,76

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
06	JARDINERÍA			
06.01	PREPARACIÓN DE TERRENO			
JAC010	<p>m³ Tierra vegetal cribada suministrada a granel, extendida sobre el terreno con medios manuales, en un radio máximo desde el lugar</p> <p>Tierra vegetal cribada suministrada a granel, extendida sobre el terreno con medios manuales, en un radio máximo desde el lugar de descarga de hasta 100 m, para formar una capa de espesor uniforme de hasta 10 cm.</p> <p>Incluye: Extendido de la tierra. Rasanteos y remates. Recogida de restos. Carga a camión o contenedor de los restos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Volumen a extender, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen realmente ejecutado según especificaciones de Proyecto.</p>			
		1.180,00	34,80	41.064,00
JAD020	<p>m² Abonado intenso del terreno con abono mineral complejo NPK 151515 con un rendimiento de 0,06 kg/m², estiércol tratado con un r</p> <p>Abonado intenso del terreno con abono mineral complejo NPK 151515 con un rendimiento de 0,06 kg/m², estiércol tratado con un rendimiento de 6 kg/m² y turba cribada con un rendimiento de 0,001 l/m², extendido con medios manuales y mecánicos, mediante dumperautocargable y posterior volteado del terreno mediante motocultor, hasta conseguir su incorporación al suelo a una profundidad media de 15 cm.</p> <p>Incluye: Extendido de los productos de abono sobre el terreno. Volteado del terreno. Recogida de restos. Carga a camión o contenedor de los restos.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			
		11.800,00	2,26	26.668,00
TOTAL 06.01				67.732,00
06.02	SEMBRADO DE HIERBA Y ARBOLADO			
UJP010	<p>Ud Plantación de Mimosa plateada (Acacia dealbata) de 12 a 14 cm de perímetro de tronco a 1 m del suelo, en hoyo de 60x60x60 cm rea</p> <p>Plantación de Mimosa plateada (Acacia dealbata) de 12 a 14 cm de perímetro de tronco a 1 m del suelo, en hoyo de 60x60x60 cm realizado con medios mecánicos; suministro en contenedor. Incluso tierra vegetal cribada y substratos vegetales fertilizados.</p> <p>Incluye: Laboreo y preparación del terreno con medios mecánicos. Abonado del terreno. Plantación. Colocación de tutor. Primer riego.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>			
		20,00	144,05	2.881,00
UJC020	<p>m² Césped por siembra de mezcla de semillas de lodium, agrostis, festuca y poa.</p> <p>Césped por siembra de mezcla de semillas de lodium, agrostis, festuca y poa.</p> <p>Incluye: Preparación del terreno y abonado de fondo. Rastrillado y retirada de todo material de tamaño superior a 2 cm. Distribución de semillas. Tapado con mantillo. Primer riego.</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
	Criterio de medición de proyecto: Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto. Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.			
		11.800,00	9,92	117.056,00
TOTAL 06.02				119.937,00
TOTAL 06				187.669,00

07 ACABADO Y SEÑALIZACIÓN

TSV050	<p>Ud Señal vertical de tráfico de acero galvanizado, cuadrada, de 60 cm de lado, con retrorreflectancia nivel 1 (E.G.).</p> <p>Suministro y colocación sobre el soporte de señal vertical de tráfico de acero galvanizado, cuadrada, de 60 cm de lado, con retrorreflectancia nivel 1 (E.G.). Incluso accesorios, tornillería y elementos de anclaje. Incluye: Montaje.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente suministradas según especificaciones de Proyecto.</p>	2,00	59,58	119,16
TSV100	<p>Ud Poste de 3,5 m de altura, de tubo de aluminio, de sección circular, de 60 mm de diámetro y 4 mm de espesor, para soporte de señal</p> <p>Poste de 3,5 m de altura, de tubo de aluminio, de sección circular, de 60 mm de diámetro y 4 mm de espesor, para soporte de señalización informativa urbana AIMPE, fijado a una base de hormigón HM20/P/20/I mediante placa de anclaje con pernos. Incluso replanteo, excavación manual del terreno y fijación del elemento. Incluye: Replanteo y marcado de los ejes. Excavación. Hormigonado de la base de apoyo. Colocación de la placa de anclaje. Fijación del poste. Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente suministradas según especificaciones de Proyecto.</p>	2,00	150,24	300,48
MSH010	<p>m Aplicación mecánica con máquina autopropulsada de pintura plástica para exterior, a base de resinas acrílicas, color blanco, aca</p> <p>Aplicación mecánica con máquina autopropulsada de pintura plástica para exterior, a base de resinas acrílicas, color blanco, acabado satinado, textura lisa, para marca vial longitudinal continua, de 15 cm de anchura, para bordes de calzada y delimitación de zonas o plazas de aparcamiento. Incluso microesferas de vidrio, para conseguir efecto retrorreflectante en seco. Incluye: Barrido mediante barredora mecánica. Premarcaje. Aplicación mecánica de la mezcla mediante pulverización. Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá, a cinta corrida, la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>			

Código	Resumen	Unidad	Precio	Importe
		734,20	0,81	594,70
MSH030	<p>m² Aplicación mecánica con máquina autopropulsada de pintura plástica para exterior, a base de resinas acrílicas, color blanco, aca</p> <p>Aplicación mecánica con máquina autopropulsada de pintura plástica para exterior, a base de resinas acrílicas, color blanco, acabado satinado, textura lisa, para marcado de flechas e inscripciones en viales. Incluso microesferas de vidrio, para conseguir efecto retrorreflectante en seco. Incluye: Barrido mediante barredora mecánica. Premarraje. Aplicación mecánica de la mezcla mediante pulverización.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente fresada según especificaciones de Proyecto.</p>	4,32	5,36	23,16
TOTAL 07				1.037,50
08 PRESUPUESTO ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD				
08.01	UD PRESUPUESTO ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	1,00	9.804,53	9.804,53
TOTAL 08				9.804,53
09 EXPROPIACIONES				
TOTAL 09				890.612,03
10 PERSONAL				
10.01	u DIRECTOR DE PROYECTO	4,00	5.000,00	20.000,00
10.02	u JEFE DE OBRA	4,00	4.200,00	16.800,00
10.03	u TÉCNICO RESPONSABLE DE SEGURIDAD Y SALUD Y MEDIO AMBIENTE	4,00	1.500,00	6.000,00
10.04	u PERSONAL ENCARGADO DE PRUEBAS DE PUESTA EN MARCHA Y PUESTA A PUNTO	20,00	200,00	4.000,00
TOTAL 10				46.800,00

Código

Resumen

Unidad Precio Importe

TOTAL

2.822.181,25

ANEJO 2. Programa de trabajos

ANEJO 2. Programa de trabajos

2.1. Objetivo	133
5.2. Desarrollo de las obras.....	134
2.3. Estudio de los materiales.....	135
2.4. Estudio de tajos de obra: equipos y maquinaria.....	136
2.5. Actividades y procesos constructivos	137
2.5.1. Licencia de obra	137
2.5.2. Contrato para adquisición de instalaciones.....	137
2.5.3. Instalaciones temporales	137
2.5.4. Movimiento de tierras.....	137
2.5.5. Creación de la explanada	138
2.5.6. Hormigonado y fraguado de las instalaciones	139
2.5.7. Impermeabilización de lagunas	139
5.5.7. Recepción e instalación de equipos	140
2.5.8. Servicios	140
2.5.9. Instalación de equipos secundarios	140
2.5.10. Jardinería.....	140
2.5.11. Puesta en marcha y explotación de la planta	140
2.6. Equipos y maquinaria/instalaciones por actividad	141
2.7. Diagrama de Gantt	143

2.1. Objetivo

La memoria que a continuación se desarrolla pretende explicar la ejecución de los trabajos correspondientes a las principales unidades de la obra del proyecto denominado "PROYECTO DE TRATAMIENTO DE DEPURACIÓN DE PURINES CON ORIGEN EN GRANJA ABEREKIN, S.L. (ZAMUDIO, BIZKAIA) MEDIANTE TRATAMIENTO NO CONVENCIONAL".

Jornada laboral: En la confección del programa se han supuesto días de 8 horas de jornada, así como 40 horas semanales. Los meses se han considerado de 22 días laborales.

La programación efectuada contemplará márgenes suficientes para suponerla segura y susceptible de ser cumplida en la ejecución de la obra, asumiendo los imponderables que puedan surgir.

2.2. Desarrollo de las obras

Se procederá de la siguiente forma:

1. Preparación y replanteo
2. Ejecución de colectores
3. Ejecución de la obra civil
 - Movimiento de tierra general
 - Excavación
 - Construcción de los distintos elementos y edificios que constituyen la planta.
4. Montaje de tuberías y redes.
5. Montaje de los elementos mecánicos y equipos eléctricos, así como realización de pruebas y ensayos.
6. Realización de la urbanización, jardinería e instalación eléctrica.

Durante todo el proceso estarán presentes las medidas de seguridad y salud proyectadas, las medidas correctoras de impacto ambiental.

Conforme a la planificación realizada, la duración de las obras será de 6 meses y 15 días. Además, se han proyectado 9 meses para la Puesta en marcha y Explotación de la planta.

2.3. Estudio de los materiales

Los ensayos de caracterización realizados, y la experiencia en obras y terrenos similares garantizan la utilidad de los productos procedentes de la excavación en zanja como material de relleno posterior de éstas, seleccionando los materiales más adecuados en cada caso. Igualmente no se prevén especiales problemas en cuanto a la utilización de los productos procedentes de las excavaciones de éstos, como material de relleno y terraplenes de poco requerimiento portante.

2.4. Estudio de tajos de obra: equipos y maquinaria

Para el estudio del Programa de Trabajo es necesario estimar el número de días trabajables en cada una de las actividades y el número de días que requiere su construcción.

En el programa se desarrollan dos tipos de acciones. Las primeras las Actividades Principales, que coincide con los capítulos enumerados en 5.1. Desarrollo de las obras. Por otro lado, debido a la importancia en cuanto a volumen de medición, cuantía económica y dificultad de ejecución se encuentran las Actividades Básicas.

En este proyecto, las actividades que se plantean son:

- INSTALACIONES TEMPORALES
- OBRAS PRELIMINARES
- MOVIMIENTO DE TIERRAS
- OBRA CIVIL – CREACIÓN DE LA EXPLANADA
- HORMIGONADO Y FRAGUADO
- RECEPCIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPOS
- SERVICIOS
- RECEPCIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPOS SECUNDARIOS
- JARDINERÍA

2.5. Actividades y procesos constructivos

2.5.1. Licencia de obra

Una vez firmado el contrato se inician los trámites de los permisos necesarios: licencia de obra, expropiaciones y autorización de punto de vertido.

2.5.2. Contrato para adquisición de instalaciones

El jefe de compras se encarga de gestionar las compras de los equipos, realizando su seguimiento desde ese momento hasta su puesta en marcha en la planta

2.5.3. Instalaciones temporales

Las instalaciones temporales se realizan previas al inicio de las obras. En ella quedan incluidos los acopios de material necesario para el inicio de las obras, la instalación de casetas de obra necesarias para el personal, vestuarios, botiquín y demás instalaciones propias de una obra de estas características. Además de la señalización para la posterior obra.

Se realizarán las siguientes instalaciones:

- Oficinas de obra
- Oficina técnica
- Taller de máquinas y equipos

2.5.4. Movimiento de tierras

Los pasos que se desarrollan en este apartado es:

- Corte de terreno a nivel: desmonte de volumen de tierra por encima del nivel de explanada. El rendimiento de esta se ha estimado como 473,6 m³/día
- Excavación de zanjas y volúmenes de embalses: la excavación de los volúmenes ocupados por los embalses se anticipan al relleno, debido a que la diferencia de volúmenes entre terraplén y desmonte dan un déficit que se va a cubrir con el material excavado de la laguna anaerobia 1. Una vez realizado el relleno se realiza la excavación de zanjas y el resto de instalaciones. El rendimiento será de 72 m³/hora para las zanjas y 50 m³/hora para las instalaciones, debido a su profundidad.
- Relleno propio compactado: en esta fase se finaliza el relleno y se compacta toda la superficie. El rendimiento de relleno y compactado será de 294 m³/día.
- Eliminación de material excedente: el material excedente, que supone alrededor de 16.250 m³, se enviará a un gestor autorizado, que convierte los sobrantes generados en materias primas que puedan ser utilizadas en la fabricación de nuevos productos para ser empleados en otras obras, áridos principalmente.

2.5.5. Creación de la explanada

Para elegir el tipo y espesor de las partes de la sección que compone la explanada, se debe definir el volumen de tráfico. En este caso, el tráfico es mínimo, ya que el vaciado periódico de los contenedores se estima de dos días. Por lo tanto, según la Norma para el dimensionamiento de firmes del País Vasco, se escoge T4B, para un tráfico de proyecto menor de 270.000 millones vehículos/año.

CATEGORÍA		TP (en millones)
T00		43,8 – 87,6
T0		21,9 – 43,8
T1	T1A	15,3 – 21,9
	T1B	8,8 – 15,3
T2	T2A	4,4 – 8,8
	T2B	2,2 – 4,4
T3	T3A	1,1 – 2,2
	T3B	0,55 – 1,1
T4	T4A	0,27 – 0,55
	T4B	< 0,27

Figura 40 Categorías de tráfico de proyecto. [54]

Además, dentro de la norma anterior es necesario definir la sección tipo que, por el mismo volumen de tráfico, permite escoger un firme flexible o semiflexible de tipo 1.1.

TIPO	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE FIRME	SUBTIPO	CARACTERÍSTICA
1	Firmes flexibles y semiflexibles	1.1	Mezcla bituminosa sobre capa granular
		1.2	Firme totalmente asfáltico
2	Firmes semirrígidos sobre materiales tratados con cemento	2.1	Mezcla bituminosa sobre suelocemento
		2.2	Mezcla bituminosa sobre gravacemento y suelocemento
		2.3	Mezcla bituminosa sobre gravacemento y explanada

Figura 41 Sección tipo de proyecto. [54]

Después de haber definido el tráfico de proyecto y la sección tipo de la explanada, se obtiene la siguiente sección del firme:



Figura 42 Sección de explanada escogida. [54]

Se define como zahorra el material granular, de granulometría continua, utilizado como capa de firme. Se denomina zahorra artificial al constituido por partículas total o parcialmente trituradas, en la proporción mínima que se especifique en cada caso.

El material bituminoso a emplear será una mezcla continua en caliente AC16 surf D, para capa de rodadura, de composición densa.

Las fases y rendimientos en el plan de obra para la creación del firme son:

- Colocación de subbase de zahorra artificial, a razón de 400m³/día.
- Vertido de mezcla bituminosa y su posterior compactación, a razón de 340,42 m³/día.

2.5.6. Hormigonado y fraguado de las instalaciones

Todas las instalaciones van a disponer de un recubrimiento de hormigón, previo a su instalación. Además, en el plan de obra, es necesario tener en cuenta los 28 días necesarios para su fraguado. El hormigonado se ha estimado con un rendimiento de 90 m³/hora.

2.5.7. Impermeabilización de lagunas

Con el fin de asegurar la estanqueidad de las lagunas, se utiliza el sistema Schüter-system, formado por una lámina impermeable flexible de polietileno, con ambas caras revestidas de geotextil no tejida de 0,2 mm de espesor, fijada al soporte con adhesivo cementoso.

Producto:	
Schlüter®-KERDI-COLL-L	
Unidad de suministro:	Conjunto de 4,25 kg (grande) o 1,85 kg (pequeño) de un adhesivo impermeable bicomponente consistente de: 1,75 kg o 0,75 kg de la dispersión acrílica Schlüter®-KERDI-COLL-A 2,50 kg o 1,10 kg del polvo de reacción Schlüter®-KERDI-COLL-R
Tiempo de aplicación:	(20/30 °C) aprox. 90/60 Min.
Especificaciones técnicas	
Tiempo de fraguado:	(20 °C) aprox. 2 horas al aire, aprox. 4 horas cubierto con Schlüter®-KERDI-KEBA
Almacenamiento:	En ambientes secos y protegido de heladas, aprox.12 meses en sus envases originales cerrados.
Etiquetado según GISCODE:	Pocho de reacción ZP1 - Dispersión acrílica D1

Figura 43 Especificaciones técnicas del sistema de impermeabilización. [55]

5.5.7. Recepción e instalación de equipos

Las instalaciones que se van a adquirir en talleres exteriores son el desbaste y ambos decantadores.

2.5.8. Servicios

Una vez instalados todos los tratamientos, se proceden a la conexión entre ellos mediante tuberías de Ø125 mm. Paralelamente, se construirá el edificio de control.

2.5.9. Instalación de equipos secundarios

Los complementos que se van a instalar son las del pozo de gruesos, cuchara bivalva, brazo grúa y contenedor, y de los decantadores, depósitos para fangos.

2.5.10. Jardinería

Finalmente, se reconstruirá la superficie de tierra vegetal y plantas autóctonas, con el fin de suavizar el impacto con el entorno.

2.5.11. Puesta en marcha y explotación de la planta

El tiempo de puesta en marcha supone un ciclo completo de tratamiento.

2.6. Equipos y maquinaria/instalaciones por actividad

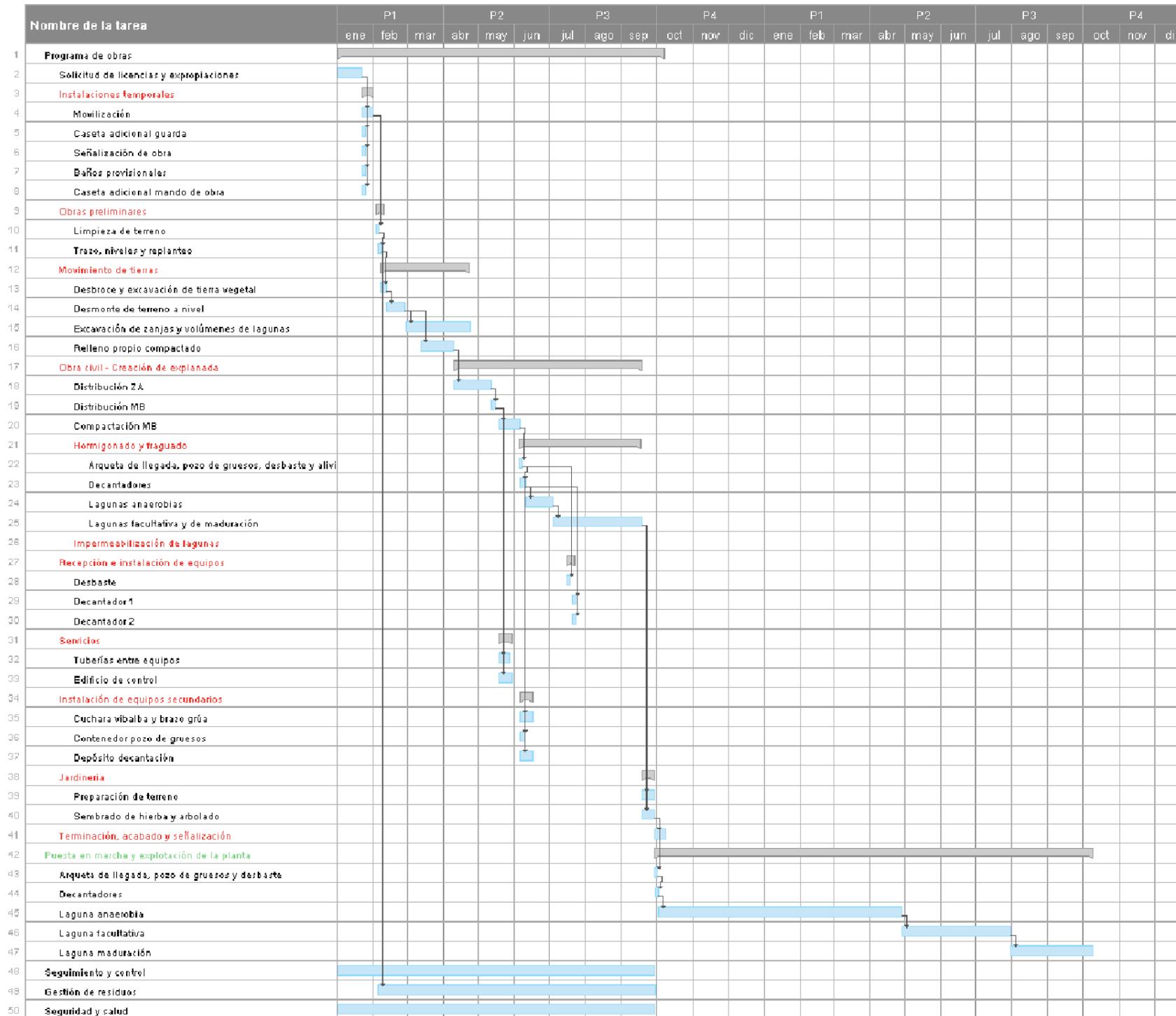
En el cuadro siguiente, se relacionan de forma detallada las Actividades Principales y Básicas, con las unidades de obra que forman parte de cada una de ellas, asignado, a cada una los equipos básicos de trabajo encargados de su ejecución.

ACTIVIDAD	MAQUINARIA/INSTALACIONES	EQUIPO
Instalaciones temporales		
- Oficina de obra - Zona de almacenamiento - Talleres de apoyo - Comedores, vestuarios y aseos de acuerdo con la legislación vigente sobre seguridad y salud	- Subcontratación	- Montadores
Obras preliminares		
Limpieza de terreno	- Instrumentos manuales	- 2 peones
Trazo, niveles y replanteo	- Subcontratación	- Técnico topógrafo
Movimiento de tierras		
Desbroce y excavación de tierra vegetal	- 1 Pala cargadora - 2 Camiones volquetes	- 1 Capataz - 1 Maquinista - 2 Conductores - 1 Peón
Desmante de terreno a nivel	- 1 Retroexcavadora - 2 Camiones volquete	- 1 Capataz - 2 Maquinista - 2 Conductores - 4 Peones
Excavación zanjas y volúmenes de las instalaciones	- 3 Retroexcavadoras - 3 Camiones volquetes - 2 Compresores con dos martillos.	- 1 Capataz - 3 Maquinistas - 3 Conductores - 2 Oficiales - 6 Peones
Relleno propio compactado	- 2 Rodillos autopropulsados - 2 Motoniveladoras - 1 Camión cisterna.	- 1 Capataz - 6 Maquinistas - 3 Conductores - 7 Peones
Obra civil y edificaciones		
Creación de explanada	- 1 Nivelador - 1 Bituminadora	- 1 Encargado - 1 Capataz

	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Extendedora de gravilla - 1 Barredora - 1 Rodillo autopropulsado - 3 Camiones tipo bañera. 	<ul style="list-style-type: none"> - 3 Maquinistas - 3 Conductores - 4 Peones
Hormigones y prefabricados	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Grúa autopropulsada - 1 Planta de hormigón - 2 Camiones hormigoneras - 2 Dumper - 4 Vibradores de aguja 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Encargado - 2 Maquinistas - 3 Oficiales encofradores - 8 Peones
Albañilería	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Camión grúa - 2 Dumper 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Encargado - 2 Capataces - 4 Oficiales albañiles - 10 Peones
Impermeabilización de lagunas	- No procede	<ul style="list-style-type: none"> - 4 montadores especializados de lámina impermeabilizante
Montaje de tuberías	<ul style="list-style-type: none"> - 3 Retroexcavadoras - 2 Camiones grúa - 2 Dumper. 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Encargado - 1 Capataz - 1 Maquinista - 2 Conductores - 2 Oficiales - 8 Peones
Montaje de equipos	<ul style="list-style-type: none"> - Camión grúa - Grúa autopropulsada - Herramienta de taller 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Jefe de montaje - 3 Montadores - 3 Soldadores - 7 Peones especializados.
Jardinería	- Subcontratación	- Jardinero

Tabla 28 Equipos y maquinaria/instalaciones por actividad. Fuente: elaboración propia

2.7. Diagrama de Gannt



ANEJO 3: Estudio geotécnico

ANEJO 3: Estudio geotécnico

3.1. Objetivo	148
3.1. Geología.....	149
3.2. Características del terreno	151
3.3. Nivel freático	153
3.4. Sismicidad	154
3.5. Normativa.....	155
3.6. Excavaciones.....	156
3.6.1. Clasificación de excavaciones según grado de excavabilidad	156
3.6.2. Construcción de taludes	156

3.1. Objetivo

Este Anejo sirve para analizar las características geotécnicas del terreno en el que se sitúa la estación de tratamiento de aguas residuales de la granja Aberekin, S.L. Este análisis se utilizará para el diseño de la solera sobre el que se construirán las instalaciones de la planta.

El EVE, Ente Vasco de la Energía, permite la consulta de los estudios geológicos del País Vasco. El servicio que ofrece permite consultar la cartografía geológica entre otras. El terreno que se va a alterar se encuentra colindante al Parque Tecnológico de Zamudio, con una extensión de 29.500 m².

La parcela es del tipo prado con vegetación de superficie con un número pequeño de árboles de mayor altura. La parcela tiene acceso directo por la calle Astondo Bidea a lo largo de 195 metros. La geometría de la parcela es inclinada con una variación de cota de 15 metros descendiente hacia el lado río.

3.1. Geología

Según el EVE, el emplazamiento de la planta se encuentra en el extremo noreste del plano 61-II, a escala 1:25.000. A continuación se presenta el plano con la leyenda y una ampliación de la zona de afección.

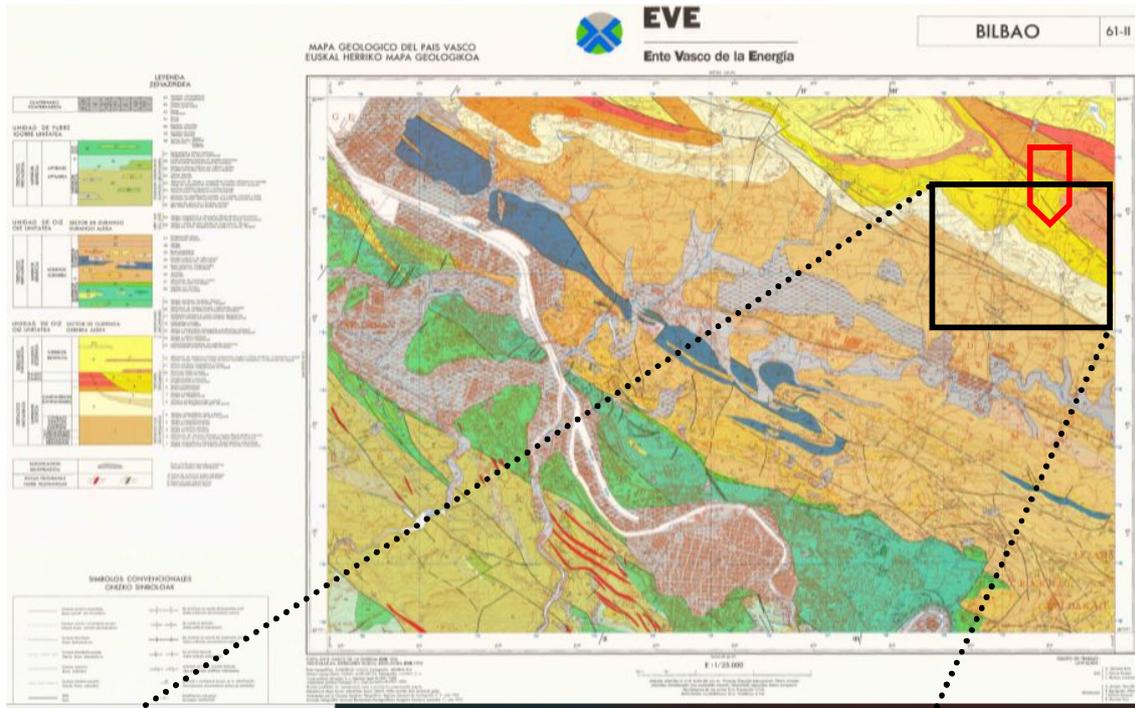


Figura 44 Mapa geológico de la zona de afección. [56]

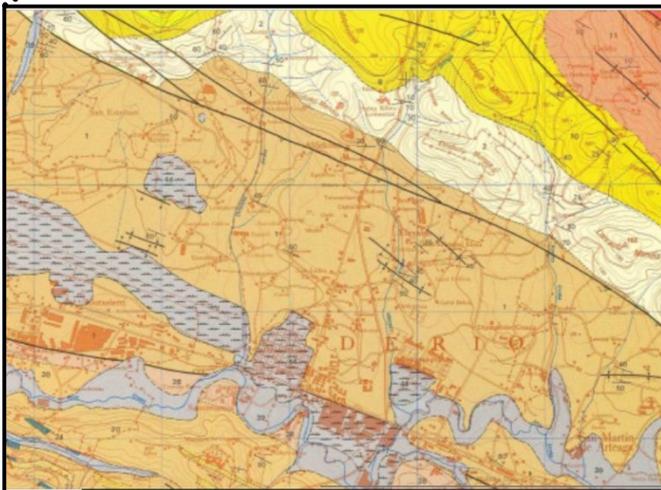


Figura 45 Ampliación del mapa geológico de la zona de afección. [57]

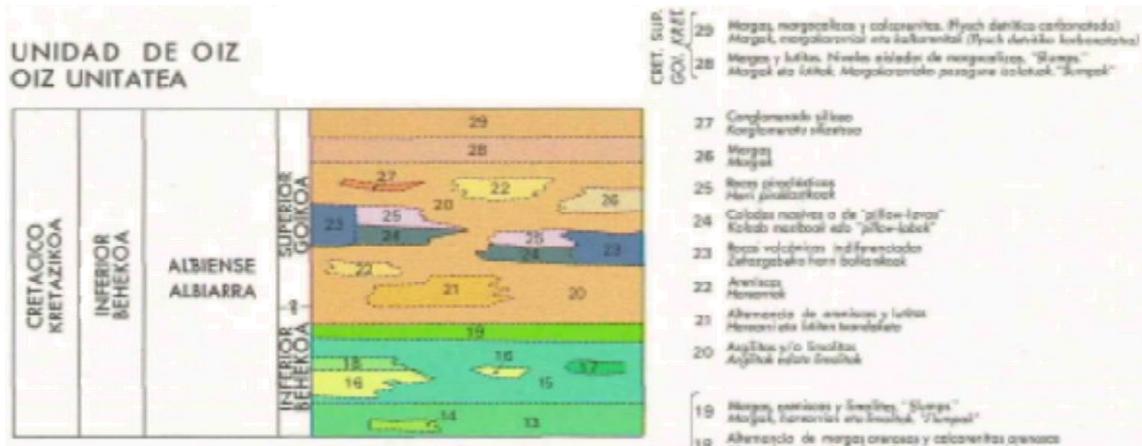


Figura 46 Leyenda del mapa geológico. [57]

La zona investigada se sitúa en el flanco Sur del Sinclinorio de Vizcaya, cuya estructura se dispone según la dirección Nor-sureste; el cual está relacionado con una fosa tectónica que permitió la acumulación de una enorme cantidad de sedimentos durante el Cretácico Superior.

3.2. Características del terreno

La zona afectada se conoce por medio de la bibliografía histórica como la Unidad de Oiz. Esta se trata de un Flysch calcáreo constituido por la alternancia de margas, margocalizas, calizas y calcarenitas, que se presentan como un conjunto heterogéneo a ambos lados del pliegue sinclinal de Bizkaia. Aparte de la alternancia de sustratos nombrada anteriormente, en la parte superior se diferencia un estrato en el que predominan las margocalizas con varios grados de meteorización. Recubriendo esta formación se encuentra un nivel de rellenos formados por arcilla con un porcentaje pequeño de tierra vegetal. [58]

A continuación, se puede observar la descripción y características geotécnicas de los sustratos nombrados anteriormente en orden descendiente:

De 0,2 a 1 m

Relleno alterado por la actividad humana

Arcillas de color marrón claro y gris

Cubierto de suelo vegetal

No apto para apoyar cimentaciones

Necesaria su retirada

De 1,2 - 2 a 5,4 - 6,2 m

Sustrato rocoso

Completamente meteorizado

Margocalizas completamente alteradas (grado V) de color marrón con alternancia de gravas.

Consistencia: compacta

Humedad: 15,55-27,02 %

Densidad húmeda: 1,9-2,11 T/m³

Límite líquido: 46,4

Índice de plasticidad: 23,6

Resistencia a compresión simple: 0,8 kp/cm²

Permeabilidad k: 10-7 m/s

K30 estimado (según CTE): 60 MN/m³

$\Gamma=1,90$ T/m³

$C'=1$ T/m²

$\Phi'=25^\circ$

De 5,4 - 6,2 a 6,5 - 8 m

Bastante meteorizado

Margocalizas bastante alteradas (grado III),

color gris

Consistencia: completamente fracturada

$\Gamma=2,2$ T/m³

$C'=3$ T/m²

$\Phi'=28^\circ$

De 6,5 – 8 m a 9,1 – 10,6 m

Ligeramente meteorizado

Material: margocalizas ligeramente alteradas (grado II) de color gris con juntas de espaciado sin relleno

Consistencia: muy blanda

Humedad: 2,3-4 %

Densidad húmeda: 2,5-2,6 T/m³

Límite líquido:

Índice de plasticidad:

Resistencia a compresión simple: 37,2-57,4

kp/cm²

Permeabilidad k: 10-9 m/s

K30 estimado (según CTE): 3000 MN/m³

$\Gamma=2,6$ T/m³

$C'=10$ T/m²

$\Phi'=30^\circ$

3.3. Nivel freático

Utilizando como referencia el estudio realizado por la empresa Tecnalía en el Parque tecnológico de Zamudio, los sondeos realizados reflejan que no existen indicios de proximidad del nivel freático. Por lo tanto, la parcela objeto de estudio no presenta nivel freático en sentido estricto; sin embargo, se espera aparición de agua en épocas lluviosas, infiltrada en el terreno y que discurra a favor de la pendiente, pudiendo redirigirse por el río que se encuentra al final de esta.

3.4. Sismicidad

El estudio de los efectos sísmicos se basan en la normativa “NCSE-02: normativa de Construcción sismorresistente”. Esta presenta un Mapa de Peligrosidad Sísmica con las zonas del territorio en el que el alto nivel obliga a la aplicación de la normativa anteriormente citada. En esta figura se representa el parámetro a_b , valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno.

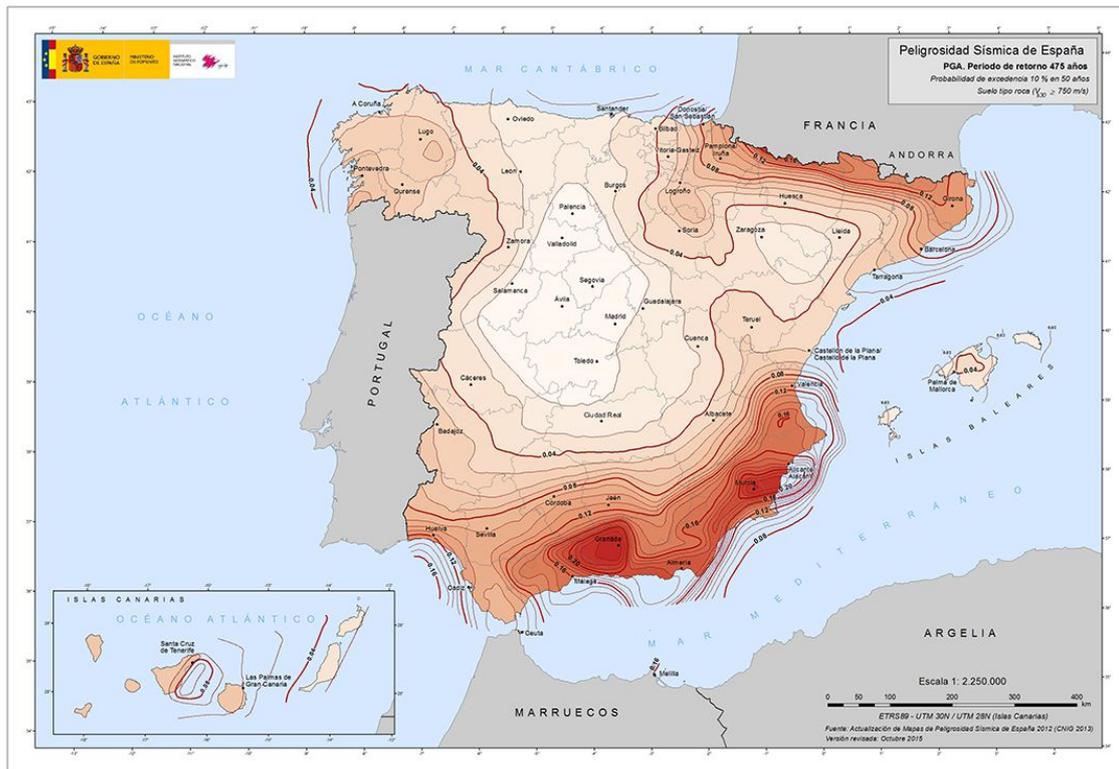


Figura 47 Mapa de Peligrosidad Sísmica de España. [59]

En este caso, la zona de afección del proyecto se encuentra cercana a la curva de valor de aceleración 0,04 g, por lo que se considera ligeramente menor de 0,04g. Por ello, la norma descartar cualquier tipo de riesgo sísmico y no es necesario el estudio de la misma.

3.5. Normativa

El estudio geotécnico se realiza atendido a las especificaciones técnicas del Código Técnico de la Edificación (CTE), en concreto al DB SE-C, Documento Básico de Seguridad estructural. Cimientos.

Según el artículo 3.2. tabla 1, la construcción se clasifica en función de la altura de la construcción.

Tabla 3.1. Tipo de construcción

Tipo	Descripción ⁽¹⁾
C-0	Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m ²
C-1	Otras construcciones de menos de 4 plantas
C-2	Construcciones entre 4 y 10 plantas
C-3	Construcciones entre 11 a 20 plantas
C-4	Conjuntos monumentales o singulares, o de más de 20 plantas.

⁽¹⁾ En el cómputo de plantas se incluyen los sótanos.

Figura 48 Clasificación de la construcción según el CTE. [60]

En este caso, sin edificación pero con una superficie construida mayor de 300 m², el tipo de construcción en este caso es C-1.

En este mismo artículo, se clasifica el terreno en tres grandes grupos según la tabla 2

Tabla 3.2. Grupo de terreno

Grupo	Descripción
T-1	Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.
T-2	Terrenos intermedios: los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3,0 m.
T-3	Terrenos desfavorables: los que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores. De forma especial se considerarán en este grupo los siguientes terrenos: a) Suelos expansivos b) Suelos colapsables c) Suelos blandos o sueltos d) Terrenos kársticos en yesos o calizas e) Terrenos variables en cuanto a composición y estado f) Rellenos antrópicos con espesores superiores a 3 m g) Terrenos en zonas susceptibles de sufrir deslizamientos h) Rocas volcánicas en coladas delgadas o con cavidades i) Terrenos con desnivel superior a 15° j) Suelos residuales k) Terrenos de marismas

Figura 49 Clasificación del terreno según el CTE. [60]

Descartando la primera opción por no ser un terreno homogéneo y la tercera por no ser un suelo desfavorable, el tipo de terreno en este caso es T-2.

3.6. Excavaciones

3.6.1. Clasificación de excavaciones según grado de excavabilidad

La profundidad de excavación de este proyecto permite diferenciar grados de dificultad de excavación:

- Fáciles: los materiales clasificados como desfavorables permiten su excavación con los medios tradicionales como palas retroexcavadoras.
- Medias: los materiales intermedios necesitan de mayor potencia para su retirada, como por ejemplo martillo picador o voladura.
- Difíciles: la exigencia necesaria para la excavación de terrenos favorables es mayor cuanto más propicio para la construcción, por ello es necesario el empleo continuado de martillo o voladura.

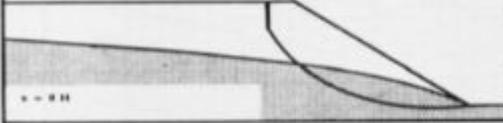
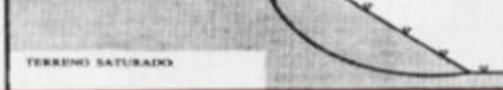
En este caso, los grados de excavaciones a los que hay que enfrentarse son:

- Fáciles para el relleno alterado por la actividad humana y sustrato rocoso completamente meteorizado
- Difíciles para los sustratos rocosos bastante y ligeramente meteorizados

3.6.2. Construcción de taludes

Para el cálculo de la pendiente de los taludes para los diferentes niveles se ha estimado mediante los ábacos de Hoek y Bray, que tiene en cuenta el efecto del agua en el terreno.

Existen diferentes ábacos en función de la saturación del terreno. Tal como se nombra en el apartado de Nivel Freático, este es inexistente; sin embargo, la alta probabilidad de altas precipitaciones hace que se desestime el abanico nº1 y se elija el nº2.

SITUACION DE LA LINEA DE SATURACION	NUMERO DE ABACO
 <p>TERRENO SECO</p>	1
 <p>x = 2H</p>	2
 <p>x = 4H</p>	3
 <p>x = 2H</p>	4
 <p>TERRENO SATURADO</p>	5

CIRCULAR FAILURE CHART NUMBER 2

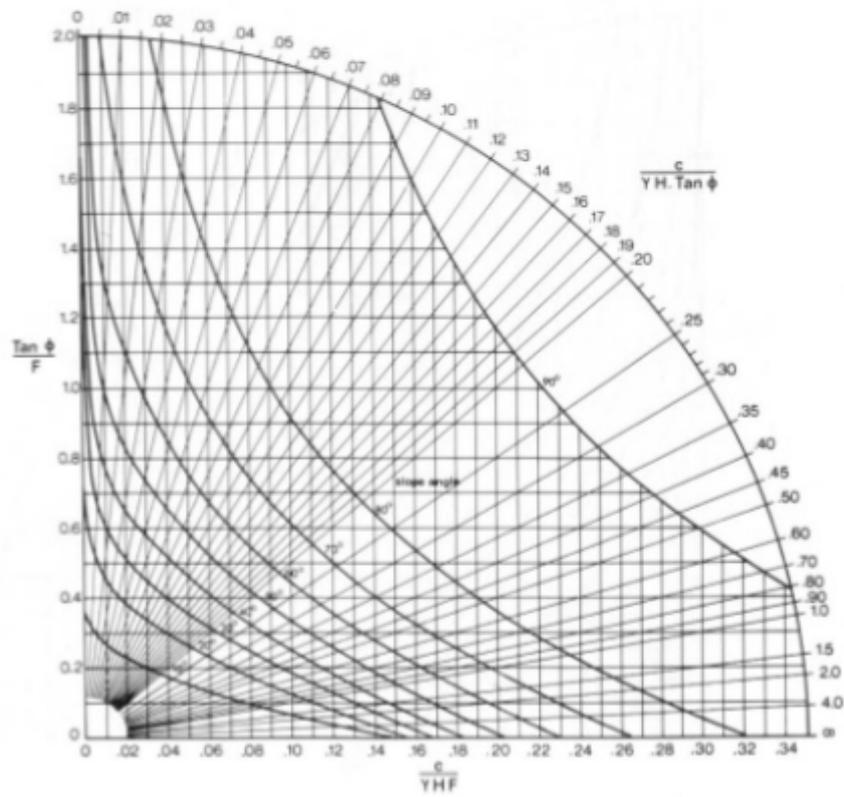


Figura 50 Gráfico de Hoek y Bray (1977) para el cálculo de taludes. [61]

A continuación se presentan los valores de talud en función del tipo de terreno de cada sustrato:

Nivel	γ (T/m ³)	C' (T/m ²)	Φ' (°)	H (m)	FS	Talud
Relleno alterado por la actividad humana*	1,80	0,10	20	5	1,4	5H:1V
Sustrato rocoso - completamente meteorizado	1,90	1	25	5	1,4	5H:2V
Sustrato rocoso - bastante meteorizado	2,20	3	28	5	1,4	4H:3V
Sustrato rocoso - ligeramente meteorizado	2,60	10	30	5	1,4	4H:3V

* Sin valores de sondeos, se eligen valores habituales para relleno alterado.

Tabla 29 Valores de talud en función del tipo de terreno de cada sustrato. Fuente: edición propia

Donde:

γ ($\frac{T}{m^3}$): peso específico aparente del terreno

$C(T/m^2)$: cohesión

Φ (°): ángulo de rozamiento interno efectivo

H (m): profundidad máxima de la excavación

FS : factor de seguridad mínimo

Talud (m): talud recomendado

ANEJO 4: Estudio de impacto y recuperación medioambiental

ANEJO 4: Estudio de impacto y recuperación medioambiental

4.1. Antecedentes	163
4.2. Factores característicos	165
4.2.1. Vegetación	165
4.2.2. Hidrogeología	166
4.2.3. Fauna	167
4.2.4. Fauna amenazada	168
4.2.5. Flora	168
4.2.6. Flora amenazada	170
4.2.7. Erosión.....	170
4.2.8. Ruido.....	171
4.2.8. Inundabilidad	172
4.3. Marco legislativo	173
4.4. Identificación de impactos ambientales.....	175
4.5. Matriz de impacto	176
4.6. Medidas.....	177

4.1. Antecedentes

En la actualidad, la preocupación por el medioambiente ha derivado en una legislación detallada que atiende a un elevado número de ámbitos que podrían ser afectados. Esta conciencia viene marcada por la Unión Europea, que precisa para los Estados Miembros de mayores exigencias medioambientales y económicas. A largo plazo, tienen como intención la sostenibilidad del uso del agua y la protección de los ecosistemas.

En este caso, la presencia de la granja ya supone una incomodidad para el entorno. Por ello, es necesario que la implantación de la planta para el tratamiento de los residuos no suponga más inconvenientes, cumpliendo con los requisitos medioambientales según la normativa

La diputación del Foral de Bizkaia a través de su Planeamiento Territorial refleja mediante el siguiente mapa la distribución de las diferentes categorías de ordenación. Estas categorías permiten cuantificar el nivel de afección que supondría las nuevas construcciones.

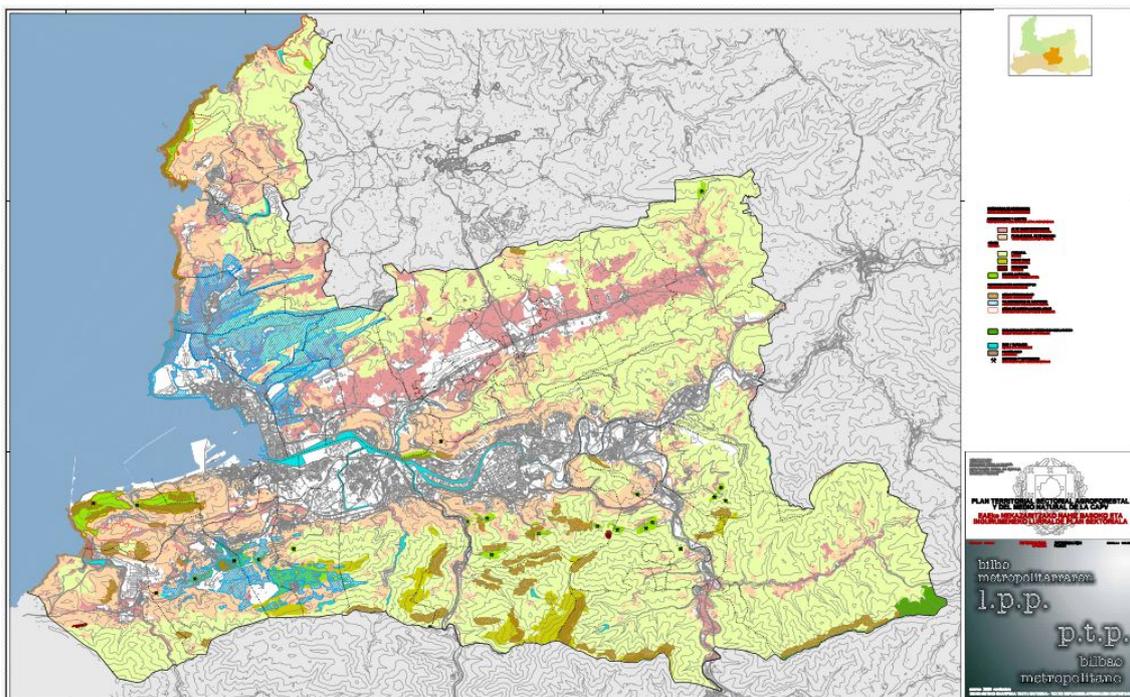


Figura 51 Plan territorial agroforestal y del medio natural de la CAPV. [62]

Acercando la zona en la que se plantea el proyecto, se puede observar que no pertenece a un espacio protegido. Sin embargo, se analizarán y evaluarán los riesgos que supone este proyecto con el fin de conocer la exposición que supone para situaciones futuras.

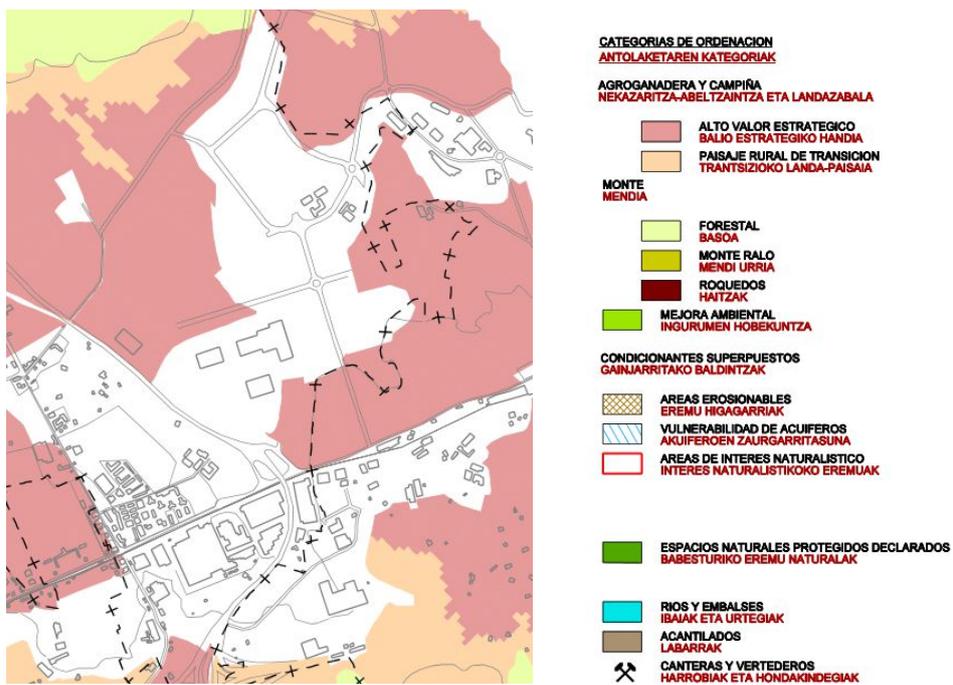


Figura 52 Zona afectada del Plan territorial agroforestal y del medio natural de la CAPV. [63]

Gobierno Vasco	
Ordenación del territorio	Directrices de Ordenación del Territorio y Planes Territoriales Parciales.
	Modificación del Plan Territorial Sectorial de Ordenación de Ríos y Arroyos de la CAPV (Vertiente Cantábrica y Mediterránea).
	Modificación del Plan Territorial Sectorial de Zonas Húmedas de la CAPV.
	Plan Territorial Sectorial Agroforestal de la CAPV.
	Plan Territorial Sectorial de Protección y Ordenación del Litoral.
Agua	Plan Territorial Sectorial de Creación Pública de Suelo para Actividades Económicas y de Equipamientos Comerciales de la CAPV.
	Sistema de información de las aguas de consumo público de la Comunidad Autónoma del País Vasco (EKUIS).
	Plan de Gestión del Riesgo de Inundación 2015-2021.
Desarrollo sostenible y medio natural	Plan Especial de Emergencias antes Riesgos de inundaciones
	Estrategia EcoEuskadi 2020.
	IV Programa Marco Ambiental 2020 y Estrategia de Biodiversidad 2020.
	Estrategia Ambiental Vasca de Desarrollo Sostenible (2002-2020).
	Estrategia de Desarrollo Sostenible de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (2009-2015).
	Estrategia de la geodiversidad del País Vasco 2020.
	Plan de Gestión para la Recuperación de la Anguila Europea en la CAPV
	Programas AZTERTU de educación ambiental: Azterkosta e Ibaialde.
	Planes de Ordenación de los Recursos Naturales y de Gestión de Espacios Protegidos.
	Planes de Conservación y Gestión de las ZEPAs y ZEC del País Vasco:
Programa de Desarrollo Rural del País Vasco (2014-2020).	
Desarrollo rural y forestal	Plan Forestal Vasco (1994-2030).
	Plan Vasco de Lucha Contra Cambio Climático (2011-2020).
Cambio climático	Directrices para la planificación y gestión de los Residuos Urbanos.
Residuos	Plan de Gestión y Prevención de Residuos No Peligrosos de la Comunidad Autónoma del País Vasco (2009-2012).

Tabla 30 Planes Hidrológicos y programas en ejecución. [64]

4.2. Factores característicos

4.2.1. Vegetación

Según el mapa general, la vegetación que se encuentra se clasifica como *Plantaciones forestales*.

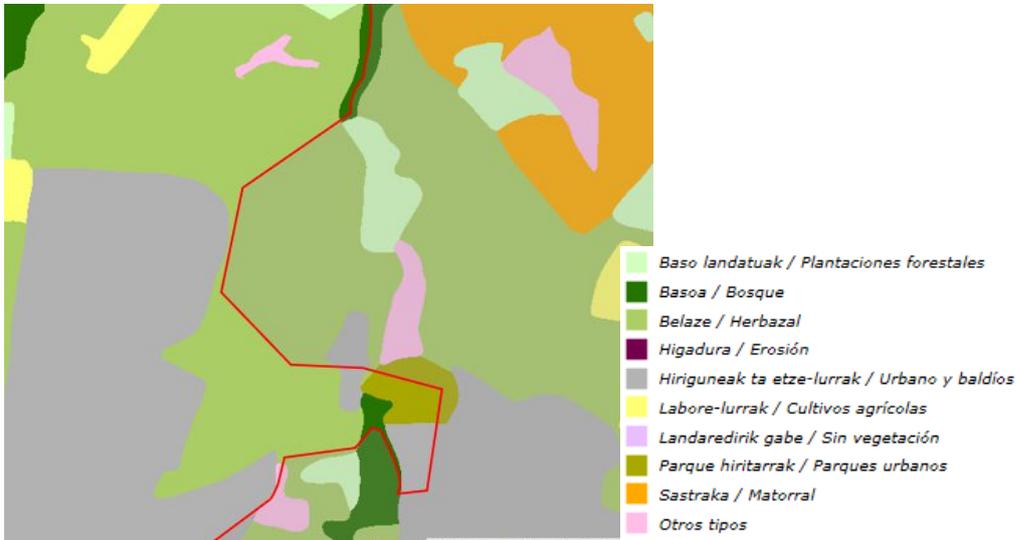


Figura 53 Mapa vegetación general. [65]

Según el mapa más detallado, el tipo de vegetación que se puede encontrar es *Robledal acidófilo y robledal-bosque mixto atlántico*.

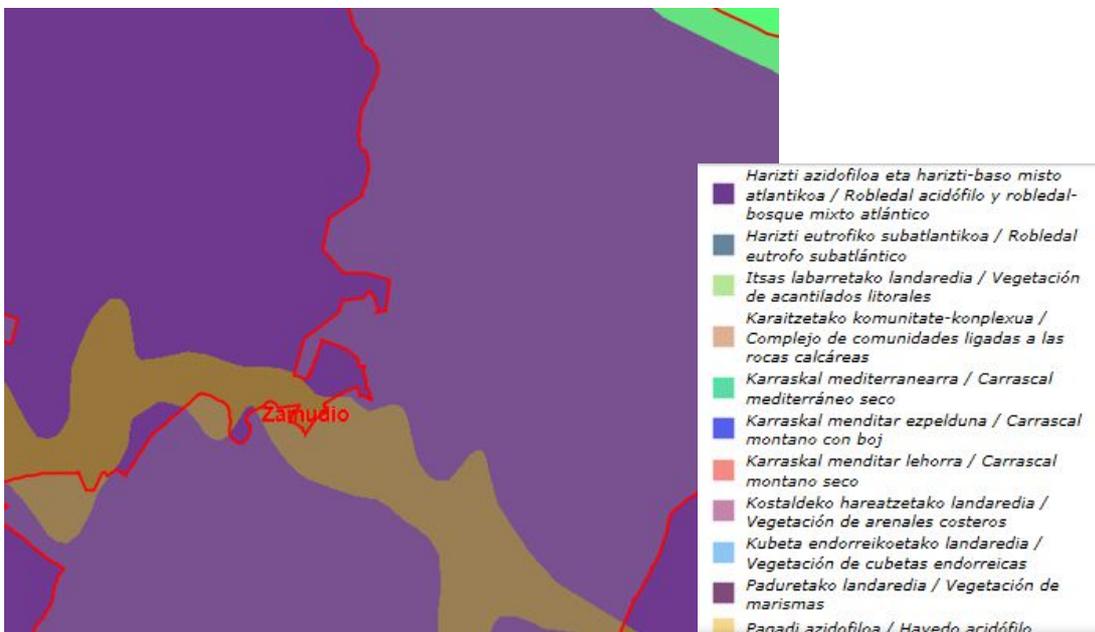


Figura 54 Mapa vegetación detallada. [65]

4.2.2. Hidrogeología

El ámbito de estudio se encuentra dentro de la cuenca del Ibaizabal, que desagua en el estuario del Nervión. El río principal de esta unidad es el Ibaizabal, al que desemboca el Asúa, cauce principal del ámbito de estudio.

La unidad hidrológica del Ibaizabal cuenta con una superficie de 1.849,38 km². La zona objeto de estudio se localiza concretamente en la subcuenca del río Asúa.

Tras la consultar el informe correspondiente a la Red de Seguimiento del estado Biológico de los ríos de la CAPV (URA, 2010), se concluye que la estación ASU045, presenta un estado MODERADO, por lo que podemos concluir que el río Asúa a su paso por el municipio de Zamudio, presenta una calidad MEDIA-BAJA.

La razón principal de la pésima calidad del agua es el vertido urbano e industrial. La contaminación de origen urbano puede considerarse uno de los principales problemas del medio acuático de la zona. La insuficiencia en la depuración de vertidos de aguas residuales urbanas o de aguas residuales industriales conectadas a las redes de saneamiento, se traduce en alteraciones de las características biológicas y/o fisicoquímicas del medio acuático y pone en peligro el buen estado ecológico o químico en determinadas masas de agua.

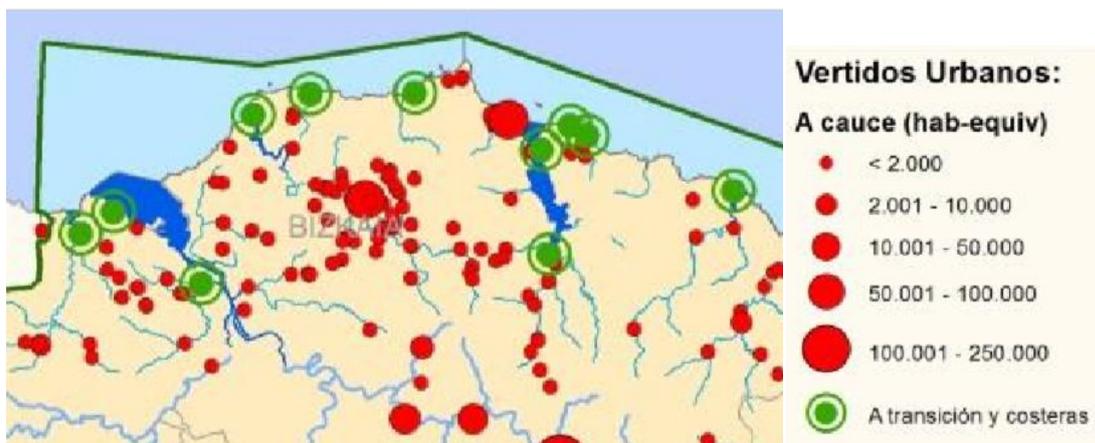


Figura 55 Vertidos urbanos en Bikaia.[66]

La ubicación de la planta a estudio se encuentra a 175 metros de un arroyo que deriva en el río Asúa. Debido a la calidad de este último, cualquier vertido supondría un riesgo inadmisibles. Manteniendo bajo control el vertido nulo a sistema hídrico, además de la situación del terreno a la vulnerabilidad de los acuíferos, que es MUY BAJA, se puede considerar un riesgo nulo de contaminación del medio.

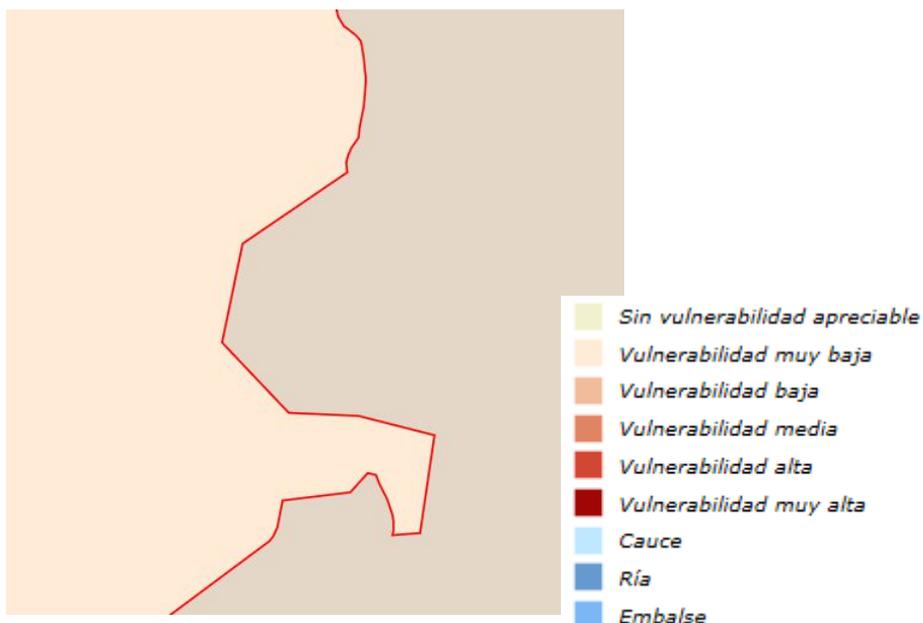


Figura 56 Vulnerabilidad de acuíferos. [65]

4.2.3. Fauna

El objetivo de este apartado es describir la situación de las especies presentes en la zona, previamente a la modificación del entorno, con especial atención a aquellas que estén protegidas por la legislación vigente.

Debido al tipo de vegetación, que carece de aprovechamiento alimenticio, no sustenta un elevado número de fauna. Sin embargo, es reseñable la cantidad de aves forestales. A continuación se presentan las especies características de la zona:

Cárabo (*Strix aluco*)

Pico picapinos (*Dendrocopos major*)

Pito real (*Picus viridis*)

Águilas calzadas (*Hieraaetus pennatus*)

Ardilla común (*Sciurus vulgaris*)

Lirón gris (*Glis glis*)

Azor (*Accipiter gentilis*)

Ratonero común (*Buteo buteo*)

Visón europeo (*Mustela lutreola*)

Gato montés (*Felis silvestris*)

Jabalí (*Sus scrofa*)

Corzo (*Capreolus capreolus*)

Salamandra común (*Salamandra salamandra*)

4.2.4. Fauna amenazada

Referente a la lista de fauna anterior, la especie amenazada es el visón europeo, según geo.eukadi. Esta especie se encuentra en peligro crítico de extinción, por lo que su entorno, fuentes de alimentación y medios de supervivencia, han de ser rigurosamente respetados. Su hábitat preferente son cursos medios y bajos de ríos, con corriente lenta, densa cobertura vegetal en las riberas y buena calidad del agua y su alimentación está formada por peces, pequeños mamíferos, aves, anfibios, reptiles y crustáceos.

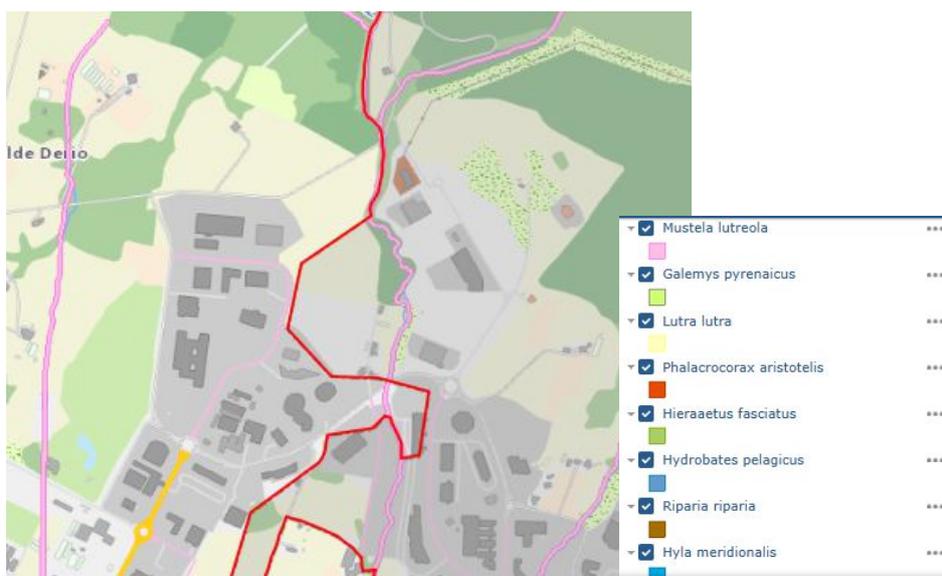


Figura 57 Fauna amenazada. [65]

4.2.5. Flora

En la zona de estudio se pueden encontrar dos tipos de bosque: hayedo y robledal. En ambos tipos se pueden encontrar las siguientes especies: [67]

Encina (*Quercus ilex*)

Roble (*Quercus robur*)

Fresno (*Fraxinus excelsior*)

Tilo (*Tilia platyphyllos*)

Olmo (*Ulmus glabra*)

Arce (*Acer campestre*)

Majuelo (*Crataegus monogyna*)

Endrino (*Prunus spinosa*)

Helecho (*Polysticchum setiferum*)

Helecho hembra (*Athyrium filix-femina*)
Consuelda (*Symphytum tuberosum*)
Pulmonaria (*Pulmonaria longifolia*)
Abedul (*Betula celtiberica*)
Acebo (*Ilex aquifolium*)
Haya (*Fagus sylvatica*)
Anémone (*Anemone nemorosa*)
Armillaria de color miel (*Armillaria mellea*)
Heno común (*Deschampsia flexuosa*)
Arándano (*Vaccinium myrtillus*)
Marojo (*Quercus pyrenaica*)
Escila (*Scilla lillio-hyacinthus*)
Ajo de oso (*Allium ursinum*)
Diente de perro (*Erythronium dens-canis*)
Melica (*Melica unfflora*)
Lastón, (*Brachypodium sylvaticum*)
Adelfilla (*Daphne laureola*)
Boletos (*Boletus edulis*)
Lengua de vaca (*Hydnum repandum*)
Hongo basidiomiceto (*Laccaria amethystina*)
Rúsulas (*Russula ochroleuca*)
Melojo (*Quercus pyrenaica*)
Avellano (*Corylus avellana*)
Mostajo (*Sorbus aria*)
Tejo (*Taxus baccata*)
Roble sésil (*Quercus petraea*)
Arce real (*Acer platanoides*)
Falso plátano (*Acer pseudoplatanus*)

4.2.6. Flora amenazada

Según la aplicación de visualización de datos a través del mapa del territorio del Gobierno Vasco, se observa que en la capa de flora amenazada, no existe ninguna especie que pudiera considerarse amenazada.



Figura 58 Flora amenazada. [65]

4.2.7. Erosión

La zona afectada por la EDAR y su ampliación posee un valor de erosión medio con unos valores de pérdida de suelo de 5 a 10 t/ha/año.

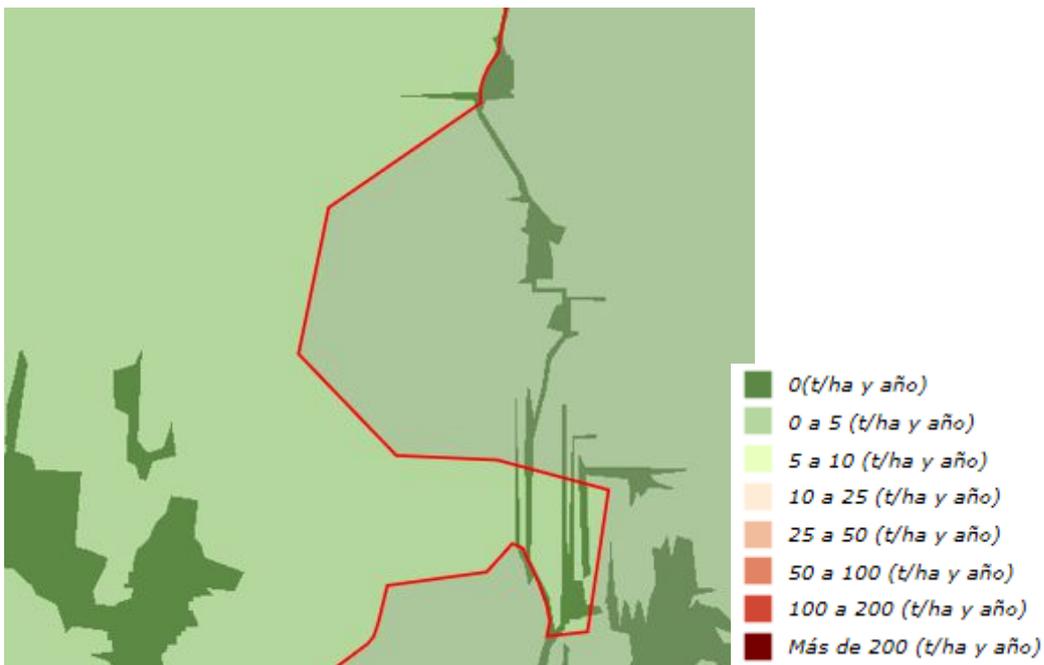


Figura 59 Erosión. [65]

4.2.8. Ruido

Para evaluar el impacto ambiental ocasionado por ruido se tendrán en cuenta tanto la fase de construcción como la fase de funcionamiento de la vía en cuestión, ya que es necesario cuantificar el posible incremento de los niveles de ruido.

Para la determinación de las características acústicas de la situación actual se ha empleado información existente procedente de la Diputación Foral de Bizkaia. A continuación se presentan las posibles situaciones que se pueden dar:

Mapa ruido origen aeropuerto

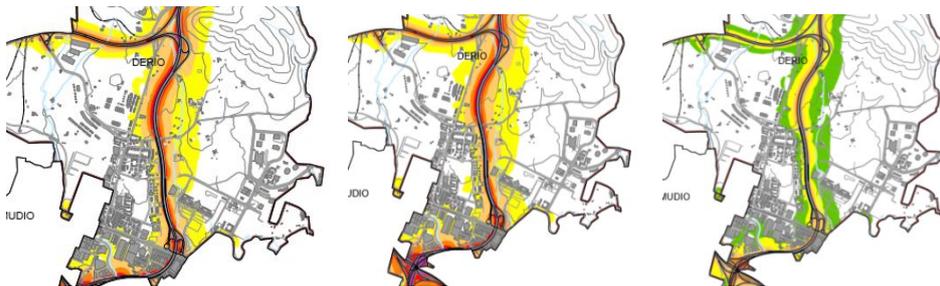


Mañana

Tarde

Noche

Mapa ruido origen carreteras

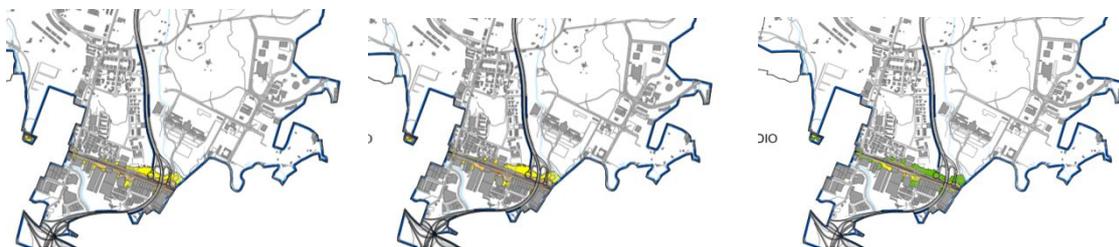


Mañana

Tarde

Noche

Mapa ruido origen Euskotren

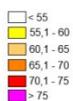


Mañana

Tarde

Noche

Soinu-mailak dB(A)
Niveles Sonoros dB(A)



Geruzak / Capas



Leyenda

Figura 60 Mapas de ruido de Zamudio. [68]

Se puede observar que la ubicación del proyecto no sufre de valores elevados de ruido por ninguno de los orígenes anteriores.

4.2.8. Inundabilidad

Los Planes Hidrológicos de Cuenca incluyen las determinaciones para la prevención de las inundaciones con objeto de reducir los riesgos potenciales. Este caso corresponde al Plan Hidrológico Norte III.

Los cauces que transcurren por el término municipal de Zamudio pertenecen a la cuenca del río Asua. El principal riesgo que presenta el curso fluvial es riesgo derivado de la inundabilidad.

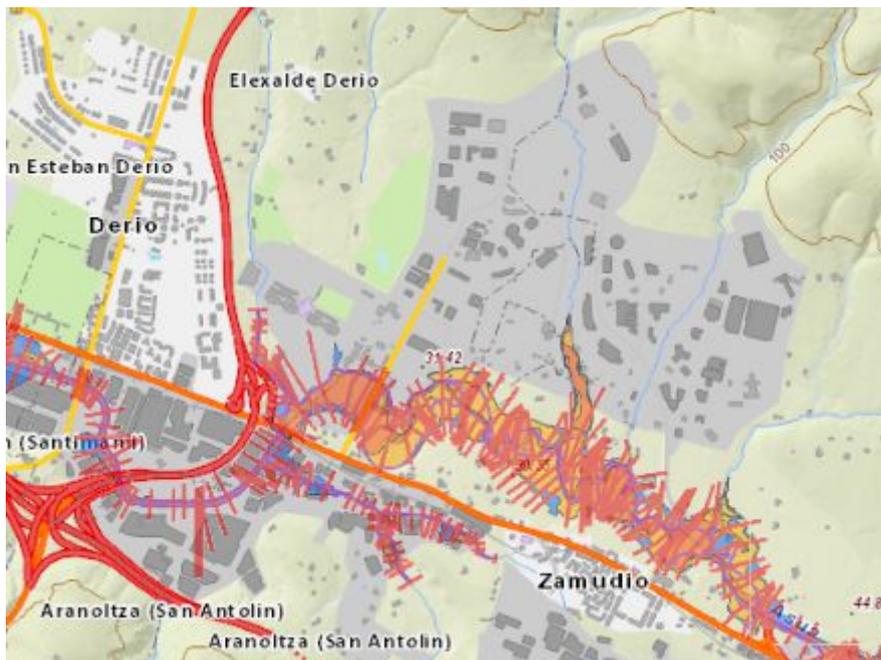


Figura 61 Mapa riesgo de inundabilidad de Zamudio. [69]

El riesgo de inundación en el ámbito de estudio puede calificarse como NULO.

4.3. Marco legislativo

Impacto ambiental

Directiva 97/11/CE del Consejo, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.

Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.

Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.

Montes

Decreto 485/1962, de 22 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Montes.

Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.

Código forestar 1: normas generales montes y vías pecuarias

País Vasco Norma Foral 3/94, de 2 de junio, de Montes y Administración de Espacios Naturales Protegidos, publicada el 28 de junio.

País Vasco Norma Foral 3/2007, de 20 de marzo, de modificación de la Norma Foral 3/1994, de 2 de junio (B.O.B. 28/03/07)

Fauna y flora

Ley 42/2007, de 13 de Diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Real Decreto 1424/2008, de 14 de agosto, por el que se determinan la composición y las funciones de la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad, se dictan las normas que regulan su funcionamiento y se establecen los comités especializados adscritos a la misma.

Real Decreto 948/2009, de 5 de junio, por el que se determinan la composición, las funciones y las normas de funcionamiento del Consejo Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad.

Real Decreto 439/1990, de 30 de marzo, por el que se regula el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas.

Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

Real Decreto 1193/1998, de 12 de junio, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

País Vasco Decreto Legislativo 1/2014, de 15 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Conservación de la Naturaleza del País Vasco.

Ruidos

Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.

Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Inundabilidad

Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

4.4. Identificación de impactos ambientales

El impacto ambiental es la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada, es decir, el impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Las acciones durante la fase de obra que supondrían el Estudio de Impacto ambiental en este caso son:

- Desbroce y despeje
- Movimiento de tierras
- Construcción
- Producción de ruido
- Emisión de gases y polvo
- Producción de residuos

4.5. Matriz de impacto

	Desbroce y despeje	Movimiento de tierras	Construcción	Producción de ruido	Emisión de gases y polvo
Espacio protegido					
Vegetación	Moderado	Moderado			
Hidrogeología		Compatible	Compatible		
Fauna				Compatible	
Fauna amenazada				Compatible	
Flora	Moderado	Moderado			
Flora amenazada	Moderado	Moderado			
Erosión		Compatible			
Ruido				Compatible	
Inundabilidad					
Paisaje					

Tabla 31 Matriz de impacto de la fase de obra del proyecto. Fuente: Edición propia

En resumen, el impacto que presenta este proyecto no supone un riesgo significativo para el entorno en el que se ubica, siendo Moderado el nivel más importante.

4.6. Medidas

A pesar de no existir medidas de nivel crítico, hay fases del proyecto que suponen un impacto ambiental que podría cualificarse como moderado. Por ello, es necesario plantear una serie de medidas preventivas que reduzcan al máximo el impacto que supone las fases límite nombradas anteriormente.

- Impermeabilización de la infraestructura de superficie: se contempla en el diseño del proyecto al impermeabilización tanto de las balsas del tratamiento como de las temporales que puedan existir para contener aguas en cualquier de las fases de ejecución. Además, se impermeabilizarán todas las zonas destinadas a la ubicación de residuos, mantenimiento y estacionamiento de maquinaria y vehículos. Manteniendo controlados en esta zona la manipulación de contaminantes, aceite, vertidos de combustible...
- Reutilización de tierras de excavación: siempre que sea posible, se reutilizarán las tierras procedentes de excavación en los rellenos de la explanada.
- Retirada y acopio de la tierra vegetal: se recuperará la capa superior de suelo vegetal que pueda estar afectada por la obra para su posterior utilización en los procesos de restauración de la cubierta vegetal. Con ello, se contribuirá a minimizar los efectos negativos reduciendo la erosionabilidad de las tierras descubiertas a consecuencia de las obras. La tierra se acopiará en pilas de no más de 1,5 metros con el fin de facilitar su aireación y evitar la compactación. La superficie expuesta a la erosión, polvo o lluvia se protegerá sembrando hierba.
- Reintroducción de comunidades vegetales en la zona afectada: las especies reintroducidas serán autóctonas procedentes de la reproducción de las existentes o de viveros especializados.
- Plan de prevención y extinción de incendios: el plan tiene como objetivo planificar un conjunto de medidas para minimizar el riesgo de incendios, durante la ejecución de la obra y la explotación del proyecto. Las medidas preventivas adoptadas consistirán en la ubicación adecuada para las zonas de instalaciones auxiliares y zonas de maquinaria, alejadas de las zonas potencialmente más peligrosas por el tipo de vegetación. Además, independientemente de la vegetación, se colocará una cuba de 5 m³ para intervenir el incendio de forma inmediata junto con equipos completos de protección personal contra el fuego.

ANEJO 5: Cálculo de Instalaciones

ANEJO 5: Cálculo de Instalaciones

5.1. Objetivo	182
5.2. Obra de llegada	183
5.2.1. Arqueta de llegada	183
5.2.2. Aliviadero	183
5.2.3. Pozo de gruesos	185
5.2.4. Desbaste	188
5.3. Decantación	191
5.3.1. Decantador 1	191
5.3.2. Decantador 2	194
5.4. Lagunaje.....	197
5.4.1. Combinación inicial.....	197
5.4.2. Combinación inicial ampliada 1	199
5.4.3. Combinación inicial ampliada 2	202
5.4.4. Combinación inicial ampliada 3	204
5.4.5. Combinación definitiva	208
5.5. Tratamiento de fangos	210
5.5.1. Fangos de decantación.....	210
5.5.2. Fangos de pretratamiento	211
5.5.2. Gestión de residuos	212

5.1. Objetivo

En el siguiente anejo se desarrollan los cálculos del dimensionamiento y los requisitos que se deben cumplir en cada tratamiento de la instalación. Para ello, las características del agua residual que se va a tratar son las siguientes:

- Caudal medio por día: $Q = 42,28 \text{ m}^3/\text{día}$
- Caudal medio por hora: $Q = 1,76 \text{ m}^3/\text{hora}$
- Caudal medio por hora: $Q = 4,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{segundo}$
- DBO influente: $DBO = 18.750 \text{ mg/L}$
- DQO influente: $DQO = 59.300 \text{ mg/L}$
- SS influente: $SS = 55.600 \text{ mg/L}$
- NT influente: $N_T = 4.084,2 \text{ mg/L}$
- PT influente: $P_T = 2428,2 \text{ mg/L}$

Después del diseño de cada tratamiento, se procede a calcular la composición del agua residual efluente que sirve como punto de partida para el siguiente tratamiento.

Los tratamientos que se van a analizar son:

- Obra de llegada
- Decantador 1
- Decantador 2
- Laguna anaerobia
- Laguna facultativa
- Laguna de maduración

5.2. Obra de llegada

5.2.1. Arqueta de llegada

Las aguas residuales llegan a la arqueta de entrada en la planta mediante una conducción por gravedad. Esta arqueta dispondrá de un aliviadero bypass general de la planta y dispondrá de una conducción por gravedad que transportará el agua bruta hacia el pozo de llegada.

Las dimensiones de la arqueta son:

Anchura: 1,54 m

Longitud: 1 m

Profundidad: 1 m

Volumen: 1,54 m³

El ancho de la arqueta viene dado por el ancho del pozo de gruesos, con el fin de mantener la continuidad del pretratamiento. Estas dos instalaciones se van a levantar mediante hormigón encofrado, por lo que mantener la continuidad del ancho facilita la labor de construcción.

5.2.2. Aliviadero

El caudal del vertedero viene dado:

$$Q = m \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Q (m³/s) = Caudal vertido por el aliviadero.

m (adimensional) = Coeficiente de caudal de vertedero.

L (m) = Longitud del umbral del vertedero

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

g (m/s) = Aceleración de la gravedad.

Fuente: Anejo 05: Cálculos hidráulicos del EDAR de RAMONETE. Conserjería de Agricultura y Agua. Región de Murcia.

Donde el coeficiente de caudal del vertedero, m , se calcula mediante la fórmula de T. Rehbock (1912):

$$m = \frac{2}{3} \cdot \left(0,605 + \frac{1}{1050 \cdot h} + 0,08 \cdot \frac{h}{\rho} \right)$$

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

ρ (m) = Altura del umbral por encima del fondo aguas arriba.

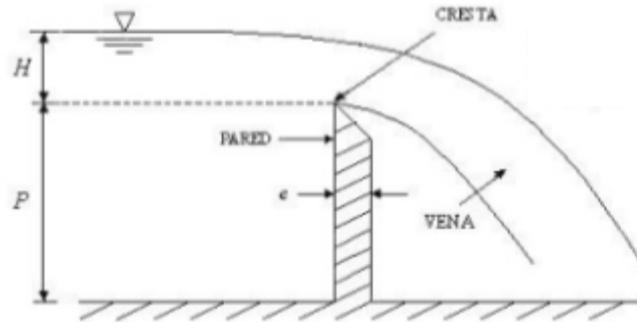


Figura 62 Vertedero de lámina libre. [70]

Siendo $0,025\text{m} \leq h \leq 0,8\text{m}$, $p \geq 0,3\text{m}$ y $h/p \leq 1$.

El valor de caudal es muy escaso por lo que se podría prever que el área del vertedero sea reducida. Por ello, se adopta la menor altura posible de lámina, h , del rango anterior, con un valor de $0,025\text{ m}$. En el caso del calado del vertedero, p , se escoge 1 metro . Así se cumple la relación, $h/p = 0,025 \leq 1$ y sustituyendo en la fórmula anterior se obtiene:

$$m = \frac{2}{3} \cdot \left(0,605 + \frac{1}{1050 \cdot 0,025} + 0,08 \cdot \frac{0,025}{1} \right) = 0,43$$

Sustituyendo este valor en la fórmula del caudal de vertido por el aliviadero:

$$Q = m \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \rightarrow L = \frac{Q}{m \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}} =$$

$$\frac{4,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}}{0,43 \cdot 0,025 \text{ m} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,025 \text{ m}}} = 6,48 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 6,48 \text{ cm}$$

La longitud de vertedero obtenida es muy pequeña por lo que se optará por un aliviadero con un margen de seguridad y provista de bypass como solución al problema. Se han escogido las siguientes dimensiones del vertedero

$$\text{Altura vertedero, } h = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Longitud del vertedero, } L = 0,6 \text{ m}$$

Para el dimensionamiento del depósito de almacenamiento se estima un tiempo de retención de 2 horas , siendo:

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

$V \text{ (m}^3\text{)} = \text{volumen del depósito de la arqueta de llegada}$

$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = \text{Caudal de diseño por hora}$

$T_r(h) = \text{tiempo de retención hidráulica}$

$$V = T_r \cdot Q = 2 \text{ h} \cdot 1,76 \text{ m}^3/\text{h} = 3,52 \text{ m}^3$$

El depósito de almacenamiento tiene conexión con la arqueta de llegada, por lo que está situada contigua a la misma, con las siguientes dimensiones:

$$\text{Área} = 3,8 \text{ m}^2$$

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

$$\text{Volumen real} = 3,8 \text{ m}^3$$

El valor del volumen real, con un valor mayor, permite un tiempo de retención superior al teórico:

$$V = T_r \cdot Q \rightarrow T_r = \frac{V}{Q} = \frac{3,8 \text{ m}^3}{1,76 \text{ m}^3/\text{h}} = 2,16 \text{ horas}$$

5.2.3. Pozo de gruesos

El pozo de gruesos es consiste en una depresión profunda con un diseño de fondo que facilita la recogida de los residuos que sedimentan mediante una cuchara bivalva.

La finalidad del pozo de gruesos es permitir la deposición de los residuos de gran tamaño debido a que al ensancharse la sección del canal reduce la velocidad. Entre sus funciones también se encuentra:

- Eliminar de la corriente los sólidos de gran tamaño que originan problemas incluso en las rejillas de gruesos.
- Eliminar grandes cantidades de sólidos que ocasionalmente puedan llegar y sobrecargar las rejillas, por ejemplo a causa de una tormenta.
- Eliminar grandes cantidades de arena que puedan crear problemas en las rejillas, canales y tuberías.

Al igual que en el caso de la arqueta de llegada, en una de las paredes del pozo de gruesos se coloca un canal de bypass que vierte en el mismo canal de aliviadero con el bypass de la arqueta de llegada. Así, el desbordamiento por cualquiera de los dos aliviaderos conduce el excedente de agua a un canal que permite el mismo tratamiento que el vertido principal.

Para el dimensionamiento del pozo de gruesos es necesario definir los siguientes parámetros:

- Caudal ($^3/h$): base para el cálculo de todos los procesos.
- Tiempo medio de residencia a caudal de cálculo (h): tiempo que permanece el agua residual retenida en el pozo. El valor varía de 1 a 4 horas, en este caso, como el valor del caudal horario es muy pequeño se escoge el máximo valor, 4 horas.
- Velocidad ascensional V_a (m/s): Velocidad a la que asciende el agua en una superficie igual al de la balsa. El rango usual de valores es de 0,5 a 3 metros,

en cuyo caso se va a elegir un valor más cercano al mínimo debido a la gran cantidad de sólidos en suspensión. El valor escogido es 0,5 m/s.

- Relación longitud/ancho del pozo r_{pozo} (adimensional): el rango de valores usual es de 1 a 3. En este caso se escoge un pozo cuadrado, por lo que la relación es 1.

Con los parámetros anteriores se calculan los valores de diseño del pozo de gruesos: [71]

- Volumen útil (V_u): Volumen ocupado por el agua a tratar, es decir, sin considerar resguardo ni tolva de almacenamiento de gruesos situada en el fondo del pozo. Se calcula con la ecuación siguiente:

$$V_u = t_r \cdot Q = 4 \text{ h} \cdot 1,76 \text{ m}^3/\text{seg} = 7,04 \text{ m}^3$$

- Superficie (S): Superficie del pozo de gruesos. Se calcula con la ecuación siguiente:

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{1,76 \text{ m}^3/\text{seg}}{0,75 \text{ m}/\text{seg}} = 2,35 \text{ m}^2$$

- Profundidad útil (h_u): al igual que en el volumen, es la profundidad del agua a tratar sin considerar resguardo ni tolva de almacenamiento de gruesos.

$$h_u = \frac{V_u}{S} = \frac{7,04 \text{ m}^3}{2,35 \text{ m}^2} = 3 \text{ m}$$

- Longitud (L): Longitud del pozo de gruesos. Se calcula con la ecuación siguiente:

$$L = (r_{\text{pozo}} \cdot S)^{0,5} = (1 \cdot 2,35 \text{ m}^2)^{0,5} = 1,54 \text{ m}$$

Al escoger una relación igual a 1, la anchura (a) es igual que la longitud, con un valor de 1,54 metros.

En conclusión, las dimensiones del pozo de gruesos son:

Anchura: 1,54 metros

Longitud: 1,54 metros

Profundidad: 3 metros

Además la instalación necesita de una grúa con cuchara bivalva para vaciar el fondo de los residuos sedimentados. La cuchara bivalva funciona mediante cilindros que accionan la apertura y cierre de las valvas, de forma que los residuos son prensados y deshidratados paralelamente.

Las cucharas están construidas en su conjunto por los siguientes elementos principales:

- Estructura principal: formado por la parte eléctrica y mecánica del equipo.

- Cilindros hidráulicos: se dispone de 2 cilindros hidráulicos reforzados sumergibles que permite el trabajo de las valvas.
- Valvas: Tendrá dos valvas previstas de cartelas de refuerzo en el interior. Los bordes y labios de las valvas, estarán reforzados con material antidesgaste. Se dispondrá de una barra de sincronismo para las dos valvas, que permitirá un cierre hermético de los labios con una fuerza continua, uniforme y simétrica. Para la evacuación de los líquidos contenidos en la cuchara mediante la operación de limpieza del pozo, se prevé unos agujeros de escurrido, rasgados.

A continuación se presenta una imagen de todos los elementos que forman la cuchara bivalva y que permite cumplir sus funciones:

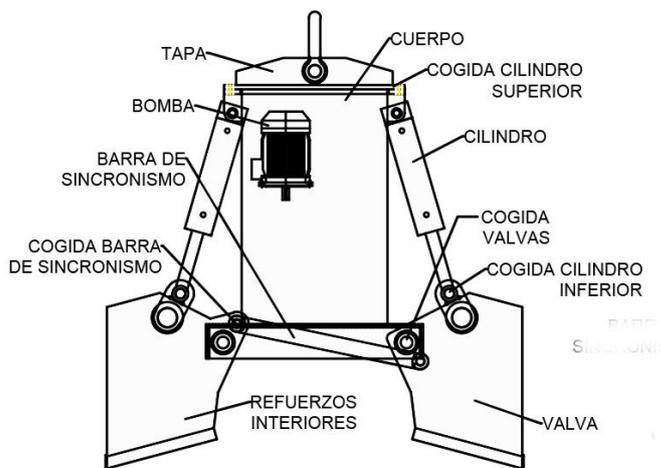
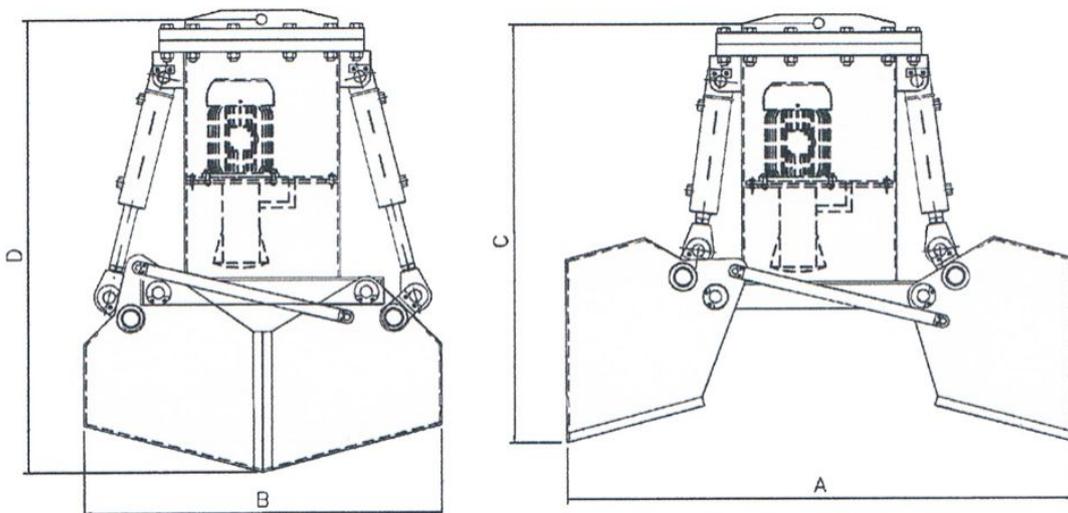


Figura 63 Elementos de la cuchara bivalva [51]

Las características dimensionales de la grúa son las siguientes y en función de las dimensiones del pozo de gruesos se escoge la siguiente:



Modelo	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	Capacidad m ³	Potencia Cv/Kw	Presión bares	Tiempo Cierre seg	Tiempo Apertura seg	Peso kg
CBV-100	870	1.080	1.175	1.136	438	0,1	1,5/1,1	100	6	2,5	450
CBV-250	1.450	1.360	1.130	1.650	710	0,25	2/1,50	100	8	4,5	580
CBV-300	1.520	1.580	1.545	1.438	620	0,3	3/2,2	100	8	4,5	610
CBV-500	1.520	2.000	2.020	1.833	766	0,5	4/3	120	8,5	4,5	630
CBV-600	1.520	2.000	2.080	1.920	800	0,6	5,5/4	120	8	5	670
CBV-750	1.575	1.435	1.580	1.850	710	0,75	7,5/5,5	130	8	5	800
CBV-900	1.720	2.250	2.340	2.160	900	0,9	7,5/5	130	10	5,5	925
CBV-1000	2.025	1.840	1.760	2.340	920	1	10/7,5	130	10	5	1.150
CBV-1250	1.920	25.000	2.600	2.400	1.000	1,2	10/7,5	130	11	6	1.250
CBV-1500	2.060	2.680	2.800	2.580	1.060	1,5	10/7,5	130	11	6	1.350
CBV-1800	2.200	2.750	3.000	2.760	1.160	1,8	15/10	130	12	6	1.675
CBV-2000	2.300	1.980	2.400	2.960	1.200	2	25/18,5	130	12	6	2.100

Figura 64 Catálogo de características de la cuchara bivalba. [51]

El tamaño de la cuchara influye en el número de operaciones de limpieza necesarias para mantener el pozo relativamente limpio de residuos. Los sólidos así retirados son depositados en contenedores y gestionados como Residuos Sólidos Inertes por un gestor autorizado.

5.2.4. Desbaste

Las características del efluente necesarias para el diseño del decantador son:

- Caudal medio por hora: $Q = 4,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$

Para el diseño del tratamiento de desbaste es necesario tomar en cuenta los valores límite de los siguientes parámetros:

- Velocidad de canal $\geq 0,4 \text{ m/s}$, para evitar que decanten las arenas en el fondo del canal.
- Velocidad de paso a través de las rejillas $\leq 1 \text{ m/s}$, suficiente para que los sólidos retengan en la reja sin una excesiva pérdida de carga ni que los sólidos se depositen en el fondo de los barros.

Las fórmulas para calcular el ancho del canal y su calado son las siguientes [72]:

$$W = \left(\frac{Q}{V \cdot h} \cdot \frac{E + e}{E} \cdot C \right)$$

$$h = \frac{Q}{v_c} \cdot \frac{1}{W}$$

W (m) = anchura del canal en la zona de las rejillas

Q (m³/s) = caudal máximo que pasa por el canal

V (m/s) = velocidad máxima del paso de agua entre los barros

v_c (m/s) = velocidad del agua en el canal

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

e (mm) = ancho de barros

E (mm) = separación entre barros

C = coeficiente de seguridad que tiene en cuenta el grado de

colmatación de la reja.

Las fórmulas devuelven la relación que existe entre el ancho del canal y su calado. Además, el valor exacto de las velocidades es desconocido, únicamente se conocen los límites, por lo que a continuación se va a tantear las posibles combinaciones que den unas dimensiones aceptables cumpliendo los requisitos anteriores.

Para la primera ecuación los valores conocidos son:

- E = 20 mm
- e = 8 mm

$$W = \left(\frac{4,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}}{V \cdot h} \cdot \frac{20 \text{ mm} + 8 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} \cdot 1,3 \right)$$

V (m/s)	W (m)	h (m)
0,4	0,25	$8,88 \cdot 10^{-3}$
0,4	0,5	$4,44 \cdot 10^{-3}$
0,4	0,75	$2,96 \cdot 10^{-3}$
1	0,25	$3,55 \cdot 10^{-3}$
1	0,5	$1,78 \cdot 10^{-3}$
1	0,75	$1,18 \cdot 10^{-3}$

$$h = \frac{Q}{v_c} \cdot \frac{1}{W}$$

v_c (m/s)	W (m)	h (m)
0,5	$3,90 \cdot 10^{-3}$	0,25
0,5	$1,95 \cdot 10^{-3}$	0,5
0,5	$1,30 \cdot 10^{-3}$	0,75
1	$1,90 \cdot 10^{-3}$	0,25
1	$9,76 \cdot 10^{-4}$	0,5
1	$6,5 \cdot 10^{-4}$	0,75

En este caso, al trabajar con un caudal escaso y muy variable, las dimensiones que se obtienen son tan pequeñas que, aparte de la dificultad de construcción, no existen complementos del equipo tan reducidos, siendo impracticable el mantenimiento y la limpieza de los mismos. Por lo que se van a imponer las dimensiones mínimas para los parámetros anteriores y confirmar que se cumplen la velocidad de canal y de paso a través de las rejillas.

- $W \geq 0,2 \text{ m}$
- $h \geq 0,25 \text{ m}$

$$0,2 \text{ m} = \frac{4,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}}{V \cdot 0,25 \text{ m}} \cdot \frac{20 \text{ mm} + 8 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} \cdot 1,3$$

$$V = 0,018 \text{ m/s} \leq 1 \text{ m/s}$$

$$0,25 \text{ m} = \frac{4,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}}{v_c} \cdot \frac{1}{0,2 \text{ m}}$$

$$v_c = 9,76 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} \geq 0,4 \text{ m/s}$$

La velocidad en el canal no cumple con el requisito mínimo, sin embargo se prioriza el dimensionamiento mínimo necesario. Como consecuencia, es necesario tener bajo control las arenas que se pudieran sedimentar en el fondo del canal.

Para el desbaste, se ha escogido una instalación del proveedor Salher, modelo CD-MA-O 20, con las siguientes características:

Q m ³ /h	A [mm]	H [mm]	LONGITUD CANAL [mm]	COTA ENTRADA [mm]	COTA SALIDA [mm]	DIMENSIONES REJA GRUESOS [mm]	DIMENSIONES REJA FINOS [mm]	Ø TUBERÍA [mm]
20	200	360	3.000	50	40	200x380	200x380	125
40	400	400	3.000	50	40	400x380	400x380	315

Tabla 32 Características desbaste proveedor Sahler. [53]

- Canal de PRFV, poliéster reforzado con fibra de vidrio.
- Reja de gruesos fabricada en acero inoxidable con luz de malla o separación entre barros de 30 mm.
- Reja de finos fabricada en acero inoxidable compuesta por chapa perforada con luz de malla de 6 mm.
- Sistema de limpieza manual.
- Tubuladuras de entrada y salida en PVC.
- Cestas de acero inoxidable con chapa perforada en parte inferior para deshidratación de residuos.
- Abierto por la parte superior
- Rastrillo en acero inoxidable para extracción de residuos sólidos.

5.3. Decantación

El dimensionamiento del decantador es función del caudal a tratar y la cantidad de sólidos que se decantan. La superficie mínima necesaria es la mayor obtenida, ya que son ambas condiciones las que han de cumplirse. Los parámetros de cada función son la velocidad ascensional o carga superficial y la carga de sólidos o carga volumétrica, respectivamente. La definición y los valores habituales son:

- Velocidad ascensional: se define como la capacidad de decantación de las partículas, sin embargo, más concretamente, es la capacidad de ascender del agua residual dejando las partículas en el fondo. Los valores se sitúan entre 100 y 150 $kg/m^2 \cdot día$.
- Carga de sólidos: es la capacidad que tiene el decantador para permitir que las partículas decanten por unidad de superficie. Los valores se sitúan entre 20 y 40 $m^3/m^2 \cdot día$.

A continuación, se calcula el dimensionamiento de los decantadores:

5.3.1. Decantador 1

Las características del efluente necesarias para el diseño del decantador son:

- Caudal medio por día: $Q = 42,28 m^3/día$
- DBO influente: $DBO = 18.750 mg/l$
- SS influente: $SS = 55.600 mg/l$

Los requisitos limitantes que tiene que cumplir un sistema de decantación son:

- Carga superficial: para asegurar que sedimenten todas aquellas partículas que tengan una diferente velocidad a la velocidad de diseño.
- Carga de sólidos: se requiere de un área que asegure que toda la masa de sólidos que entra por el afluente del decantador, sea capaz de sedimentar. Para ello se fija un flujo máximo de sólidos que no debe ser superado.
- Carga sobre vertedero: para evitar el arrastre de sólidos en suspensión por efecto de la velocidad de salida del efluente, es necesario limitar el valor de la carga sobre dicho vertedero. La carga sobre vertedero se corresponde con el caudal del efluente decantado por metro lineal del perímetro del vertedero.

Carga superficial ($m^3/m^2 \cdot día$)	20-40
Carga de sólidos ($kg/m^2 \cdot día$)	100-150
Carga sobre vertedero ($m^3/m \cdot hora$)	40

Tabla 33 Rango de valores limitantes de requisitos de decantador. [73]

Para comenzar con el diseño, se calcula la superficie necesaria para cumplir con la carga superficial y la carga de sólidos y se escoge el mayor de los valores para cumplir con los dos requisitos,

Carga superficial: $A = \frac{Q_m}{C_{SU}}$

$A (m^2) = \text{Área necesaria en función de la carga superficial}$

$Q_m (m^3/día) = \text{Caudal medio por día}$

$C_{SU} (m^3/m^2 \cdot día) = \text{Carga superficial o volumen ascensional}$

$$A = \frac{42,28 \text{ m}^3/día}{20 \text{ m}^3/m^2 \cdot día} = 2,11 \text{ m}^2$$

Carga de sólidos: $A = \frac{Q_m \cdot MLSS}{C_{SÓL}}$

$A (m^2) = \text{Área necesaria en función de la carga de sólidos}$

$Q_m (m^3/día) = \text{Caudal medio por día}$

$MLSS (kg/m^3) = \text{Concentración de sólidos en suspensión}$

$C_{SÓL} (kg/m^2 \cdot día) = \text{Carga de sólidos}$

$$A = \frac{42,28 \text{ m}^3/día \cdot 55,6 \text{ kg/m}^3}{100 \text{ kg/m}^2 \cdot día} = 23,51 \text{ m}^2$$

El área mínima que cumple con los dos requisitos es de $23,51 \text{ m}^2$.

Para calcular el diámetro del decantador

$$A = \Pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2 \rightarrow \emptyset = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\Pi}} \rightarrow \emptyset = \sqrt{\frac{23,51 \text{ m}^2 \cdot 4}{\Pi}} = 5,47 \text{ m} \approx 5,50 \text{ m}$$

El diámetro definitivo es $5,5 \text{ metros}$, por lo que el área nuevo es de $23,75 \text{ m}^2$.

La forma del decantador es troncocónica, por lo que el volumen será la suma del cilindro y el cono. La profundidad mínima de un sistema de decantación es de $2,5 \text{ metros}$ y la pendiente del fondo es de 15° , por lo que el volumen será:

$$V = A \cdot h_{cilindro} + \frac{1}{3} \cdot \Pi \cdot \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^3 \cdot h_{cono} = 23,75 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} + \frac{1}{3} \cdot \Pi \cdot \left(\frac{5,5 \text{ m}}{2}\right)^3 \cdot \frac{5,5 \text{ m}}{2} \cdot \text{tg } 15^\circ = 75,42 \text{ m}^3$$

Conociendo el volumen, el tiempo de retención se obtiene con la relación entre el volumen y el caudal:

$$\theta = \frac{V}{Q_m} = \frac{75,42 \text{ m}^3}{42,28 \text{ m}^3/\text{día}} = 1,78 \text{ días} = 42,81 \text{ horas}$$

El último requisito es la carga sobre vertedero:

$$C_{vert} = \frac{Q_m}{L} = \frac{Q_m}{2 \cdot \Pi \cdot R} = \frac{1,76 \text{ m}^3/\text{hora}}{2 \cdot \Pi \cdot 2,75 \text{ m}} = 0,102 \text{ m}^2/\text{hora}$$

Se observa que el decantador de diseño cumple los tres requisitos nombrados al principio.

El rendimiento reductor y la composición efluente son:

$$\% \text{ Reductor SS} = 65\% \rightarrow SS_e = (100 - 65)\% \cdot 55.600 = 19.460 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Reductor DBO} &= 35\% \rightarrow DBO_e = (100 - 35)\% \cdot 18.750 \\ &= 12.187,5 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

En relación a la reducción anterior, se calcula la producción de fangos de este proceso:

$$\text{Producción de fangos} = 42,28 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 55,60 \text{ kg/m}^3 \cdot 65\% = 1.528 \text{ kg/día}$$

Los fangos recogidos se almacenan en un depósito para recogerlo periódicamente y enviarlo a gestor autorizado.

Resumen de características del decantador 1:

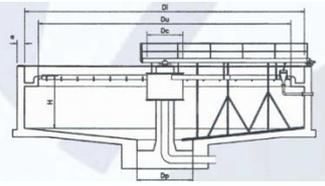
- Decantador circular enterrado con poceta perimetral
- Diámetro del decantador: 5,5 m
- Pendiente del fondo del decantador: 15°
- Profundidad mínima (extremo del decantador): 2,5 m
- Profundidad máxima (centro del decantador): 3,74 m
- Volumen útil: 75,42 m³
- Tiempo de residencia: 42,81 horas
- Producción de fangos: 1.528 kg/día
- Vertedero perimetral dotado de deflectores con escotadura de sección triangular
- Carga sobre vertedero: 0,101 m³/m · hora

Para cumplir con las características calculadas anteriormente se instala un decantador troncocónico abierto suministrado por la empresa Hidrometálica, con los siguientes elementos:

- Pivote central
- Carro tractor
- Puente y barandilla
- Rasquetas de fondos (barrederas) y brazos
- Tolla recogida de flotantes y rasqueta de arrastre de grasas
- Deflector perimetral y aliviaderos

- Campana de tranquilización

En concreto el modelo necesario para cumplir con el volumen del caudal efluente es un decantador circular DCR-800:



MODELO	Di	e	Du	Dc	Dp	H	Qm	Su	V
DCR-600	6	0.20	5.00	1.20	3	2.50	36.7	19	70.7
DCR-700	7	0.20	6.00	1.20	3	2.50	50	27	96
DCR-800	8	0.25	7.00	1.20	3	2.50	65.3	37	125
DCR-900	9	0.25	7.90	1.35	3	2.50	82.6	48	160
DCR-1000	10	0.25	8.90	1.35	3	2.50	102	61	200
DCR-1100	11	0.25	9.90	1.50	3	2.50	123.5	75	237.5
DCR-1200	12	0.25	10.80	1.50	3	2.50	147	90	282.74
DCR-1300	13	0.30	11.80	1.60	3	2.50	172.4	116	331.83
DCR-1400	14	0.30	12.80	1.70	3	2.50	200	129	384.85

Figura 65 Catálogo de características de decantador. [51]

5.3.2. Decantador 2

Las características del efluente necesarias para el diseño del decantador son:

- Caudal medio por día: $Q = 42,28 \text{ m}^3/\text{día}$
- DBO influente: $DBO = 12.187,5 \text{ mg/l}$
- SS influente: $SS = 19.460 \text{ mg/l}$

En el segundo sistema de decantación se mantienen los requisitos de diseño y son los siguientes:

Carga superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$)	20-40
Carga de sólidos ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$)	100-150
Carga sobre vertedero ($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{hora}$)	40

Tabla 34 Rango de valores limitantes de requisitos de decantador. [73]

Para comenzar con el dimensionamiento, se calcula la superficie necesaria para cumplir con la carga superficial y la carga de sólidos y se escoge el mayor de los valores para cumplir con los dos requisitos,

Carga superficial: $A = \frac{Q_m}{C_{SU}}$

$A (\text{m}^2) = \text{Área necesaria en función de la carga superficial}$

$Q_m (\text{m}^3/\text{día}) = \text{Caudal medio por día}$

$C_{SU} (\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}) = \text{Carga superficial o volumen ascensional}$

$$A = \frac{42,28 \text{ m}^3/\text{día}}{20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}} = 2,11 \text{ m}^2$$

Carga de sólidos: $A = \frac{Q_m \cdot MLSS}{C_{sól}}$

$A (m^2)$ = Área necesaria en función de la carga de sólidos

$Q_m (m^3/día)$ = Caudal medio por día

$MLSS (kg/m^3)$ = Concentración de sólidos en suspensión

$C_{sól} (kg/m^2 \cdot día)$ = Carga de sólidos

$$A = \frac{42,28 \text{ m}^3/día \cdot 19,46 \text{ kg/m}^3}{100 \text{ kg/m}^2 \cdot día} = 8,22 \text{ m}^2$$

El área mínima que cumple con los dos requisitos es de $8,22 \text{ m}^2$.

Para calcular el diámetro del decantador

$$A = \Pi \cdot \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 \rightarrow \phi = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\Pi}} \rightarrow \phi = \sqrt{\frac{8,22 \text{ m}^2 \cdot 4}{\Pi}} = 3,23 \text{ m} \approx 3,50 \text{ m}$$

El diámetro definitivo es $3,5 \text{ metros}$, por lo que el área nuevo es de $9,62 \text{ m}^2$.

La forma del decantador es troncocónica, por lo que el volumen será la suma del cilindro y el cono. La profundidad mínima de un sistema de decantación es de $2,5 \text{ metros}$ y la pendiente del fondo es de 15° , por lo que el volumen será:

$$V = A \cdot h_{cilindro} + \frac{1}{3} \cdot \Pi \cdot \left(\frac{\phi}{2}\right)^3 \cdot h_{cono} = 9,62 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} + \frac{1}{3} \cdot \Pi \cdot \left(\frac{3,5 \text{ m}}{2}\right)^3 \cdot \frac{3,5 \text{ m}}{2} \cdot \text{tg } 15^\circ = 26,68 \text{ m}^3$$

Conociendo el volumen, el tiempo de retención se obtiene con la relación entre el volumen y el caudal:

$$\theta = \frac{V}{Q_m} = \frac{26,68 \text{ m}^3}{42,28 \text{ m}^3/día} = 0,63 \text{ días} = 15,15 \text{ horas}$$

El último requisito es la carga sobre vertedero:

$$C_{vert} = \frac{Q_m}{L} = \frac{Q_m}{2 \cdot \Pi \cdot R} = \frac{1,76 \text{ m}^3/hora}{2 \cdot \Pi \cdot 1,75 \text{ m}} = 0,16 \text{ m}^2/hora$$

Se observa que el decantador de diseño cumple los tres requisitos nombrados al principio.

El rendimiento reductor y la composición efluente es:

$$\% \text{ Reductor SS} = 65\% \rightarrow SS_e = (100 - 65)\% \cdot 19.460 = 6.811 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor DBO} = 35\% \rightarrow SS_e = (100 - 35)\% \cdot 12.187,5 = 7.921,87 \text{ mg/L}$$

En relación a la reducción anterior, se calcula la producción de fangos de este proceso:

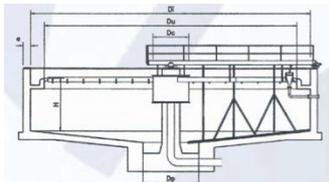
$$\text{Producción de fangos} = 42,28 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 19,46 \text{ kg/m}^3 \cdot 65\% = 534,8 \text{ kg/día}$$

Los fangos recogidos se almacenan en un depósito para recogerlo periódicamente y enviarlo a gestor autorizado.

Resumen de características del decantador 2:

- Decantador circular enterrado con poceta perimetral
- Diámetro del decantador: 3,5 m
- Pendiente del fondo del decantador: 15°
- Profundidad mínima (extremo del decantador): 2,5 m
- Profundidad máxima (centro del decantador): 3,24 m
- Volumen útil: 26,68 m³
- Tiempo de residencia: 15,15 horas
- Producción de fangos: 534,8 kg/día
- Vertedero perimetral dotado de deflectores con escotadura de sección triangular
- Carga sobre vertedero: 0,16 m²/hora

Al igual que en decantador 1, en este caso se va a utilizar un decantador de la marca Hidrometálica, con los mismos elementos. Sin embargo, para este decantador se opta por un modelo compacto, DCO-400, con las siguientes características:



MODELO	Di	Ht	Hcp	Hc	Dc	Dp	Qm	Su	V
DCO-310	3.10	3.30	2.70	1.30	0.45	0.50	18	7.40	20
DCO-350	3.50	3.80	3.00	1.80	0.60	0.50	25	9.33	28
DCO-400	4.00	4.50	3.00	2.50	0.80	0.60	35	12.5	35
DCO-450	4.50	5	3.00	3	0.80	0.60	45	15.90	50

Figura 66 Catálogo de características de decantador. [51]

5.4. Lagunaje

5.4.1. Combinación inicial

LAGUNA ANAEROBIA 1

Este tipo de lagunas se basan en el parámetro de carga volumétrica, que a su vez es función de la temperatura media del mes más frío por seguridad.

En este caso la temperatura media del mes más frío de Zamudio es de 9 grado por lo que la carga volumétrica es:

Tª de diseño (°C)	Carga volumétrica Cv ($g/m^3 \cdot día$)
<10	100
10-20	$20 \cdot T - 100$
20-25	$10 \cdot T + 100$

Tabla 35 Valores recomendados de carga volumétrica en Lagunas Anaerobias, en función de la temperatura de diseño. [30]

La expresión de la carga volumétrica es:

$$C_v = \frac{C_e \cdot Q_m}{V}$$

De la cual se despeja el volumen: $V = \frac{C_e \cdot Q_m}{C_v} = \frac{7.921,87 mg/L \cdot 42,28 m^3/día}{100 g/m^3 \cdot día} = 3.349,37 m^3$

Las lagunas anaerobias están compuestas por paredes verticales con una profundidad de diseño de 3 a 5 metros, por lo que la superficie de la laguna de diseño es:

$$V = A \cdot h \rightarrow A = \frac{V}{h} = \frac{3.349,37 m^3}{5 m} = 669,87 m^2$$

Además, el tiempo de retención se calcula como la relación entre el volumen y el caudal medio:

$$\theta = \frac{V}{Q_m} = \frac{3.349,37 m^3}{42,28 m^3/día} = 79,22 días$$

El rendimiento reductor y la composición efluente son:

$$\% \text{ Reductor SS} = 60\% \rightarrow SS_e = (100 - 60)\% \cdot 6811 = 2.724,4 mg/L$$

$$\% \text{ Reductor DBO} = 50\% \rightarrow DBO_e = (100 - 50)\% \cdot 7.921,87 = 3.960,93 mg/L$$

$$\% \text{ Reductor DQO} = 50\% \rightarrow DQO_e = (100 - 50)\% \cdot 59.300 = 29.650 mg/L$$

$$\% \text{ Reductor N} = 10\% \rightarrow N_e = (100 - 10)\% \cdot 4.084,2 = 3.675,78 mg/L$$

$$\% \text{ Reductor P} = 5\% \rightarrow P_e = (100 - 5)\% \cdot 2.428,2 = 2.306,79 mg/L$$

LAGUNA FACULTATIVA

Este tipo de lagunas se diseñan de forma que se favorezcan los mecanismos de oxigenación del medio: actividad fotosintética (principalmente) y reaeración superficial. Por ello, el parámetro principal para el dimensionamiento de las lagunas facultativas es la carga orgánica superficial. Para calcular dicho parámetro se utiliza la siguiente expresión:

$$\lambda_s = 350 \cdot (1,107 - 0,002 \cdot T)^{T-25}$$

La temperatura de diseño se mantiene como en la laguna anaerobia, 9°C en Zamudio. De lo que se obtiene:

$$\lambda_s = 350 \cdot (1,107 - 0,002 \cdot 9 \text{ } ^\circ\text{C})^{9\text{ } ^\circ\text{C}-25} = 89,46 \text{ kgDBO/Ha} \cdot \text{día}$$

La carga volumétrica de las aguas residuales influentes en la laguna facultativa es:

$$\begin{aligned} \text{Carga volumétrica influente} &= 42,28 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 3.960,93 \text{ mg/L} \cdot \frac{1.000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \\ &= 167,47 \text{ kgDBO/día} \end{aligned}$$

La relación entre la carga volumétrica superficial asimilable y la carga volumétrica influente permite calcular la superficie de la laguna facultativa:

$$\text{Área} = \frac{167,47 \text{ kgDBO/día}}{89,46 \text{ kgDBO/Ha} \cdot \text{día}} = 1,87 \text{ Ha} = 18.720,1 \text{ m}^2$$

Dado que las algas precisan luz para generar oxígeno y que la difusión de éste en el agua es muy lenta, la profundidad de estas lagunas oscila entre 1,5 – 2,0 m.

En este caso se adopta una profundidad de 1,5 metros y asimilando la laguna como un tronco piramidal invertido de base cuadrada, el volumen se calcula mediante:

$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_B + A_b + \sqrt{A_B \cdot A_b})$$

$V \text{ (m}^3\text{)} =$ volumen ocupado por el agua residual

$h \text{ (m)} =$ profundidad del agua residual en la laguna

$A_B \text{ (m}^2\text{)} =$ Área de la base mayor, en este caso al ser invertida, la cara superior

$A_b \text{ (m}^2\text{)} =$ Área de la base menor, en este caso al ser invertida, la cara inferior

De la fórmula calculada anteriormente se obtiene $A_B = 18.720,1 \text{ m}^2$. El talud de la laguna facultativa puede ser entre 2:1 a 4:1, por lo que asumiendo un talud de 3:1 y una relación ancho/largo de 2/1, el área de la cara inferior, A_b , es:

$$A_B = 18720,1 \text{ m}^2 \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline \square \\ \hline 2L \end{array} \quad A_B = L \cdot 2L \rightarrow L = \sqrt{\frac{A_B}{2}} = \sqrt{\frac{18.720,1 \text{ m}^2}{2}} = 96,76 \text{ m}$$

$$A_b \rightarrow 1 \begin{array}{c} 3 \\ \triangle \\ 1,5 \end{array} \quad 1,5 \begin{array}{c} 4,5 \\ \triangle \\ 1,5 \end{array} \rightarrow A_b = (L - 2 \cdot 4,5) \cdot (2L - 2 \cdot 4,5) \rightarrow$$

$$A_b = (96,76 - 9) \cdot (2 \cdot 96,76 - 9) = 16.193,48 \text{ m}^2$$

Conocidas las áreas de la base mayor, la base menor y la altura se puede calcular el volumen mediante la fórmula anterior:

$$V = \frac{1,5}{3} \cdot \left(18.720,1 \text{ m}^2 + 17.019,31 \text{ m}^2 + \sqrt{18.720,1 \text{ m}^2 \cdot 17.019,31 \text{ m}^2} \right) = 26.794,43 \text{ m}^3$$

Además, el tiempo de retención se calcula como la relación entre el volumen y el caudal medio:

$$\theta = \frac{V}{Q_m} = \frac{26.794,43 \text{ m}^3}{42,28 \text{ m}^3/\text{día}} = 633,74 \text{ días}$$

El valor de tiempo de retención obtenido no es aceptable ya que el proyecto comenzaría a funcionar pasados 22 meses, un tiempo no justificable para el tratamiento de una planta pequeña. Se considera necesario intensificar el tratamiento previo con el fin de reducir la composición de DBO.

A continuación se estudia una segunda laguna anaerobia y se repite el estudio de la laguna facultativa:

5.4.2. Combinación inicial ampliada 1

LAGUNA ANAEROBIA 2

En este caso la temperatura media del mes más frío de Zamudio es de 9 grado por lo que la carga volumétrica es:

Tª de diseño (°C)	Carga volumétrica Cv (g/m³ · día)
<10	100
10-20	20 · T-100
20-25	10 · T+100

Tabla 36 Valores recomendados de carga volumétrica en Lagunas Anaerobias, en función de la temperatura de diseño. [30]

La expresión de la carga volumétrica es:

$$C_v = \frac{C_e \cdot Q_m}{V}$$

De la cual se despeja el volumen: $V = \frac{C_e \cdot Q_m}{C_v} = \frac{3.960,93 \text{ mg/L} \cdot 42,28 \text{ m}^3/\text{día}}{100 \text{ g/m}^3 \cdot \text{día}} = 1.674,68 \text{ m}^3$

Las lagunas anaerobias están compuestas por paredes verticales con una profundidad de diseño de 3 a 5 metros, por lo que la superficie de la laguna de diseño es:

$$V = A \cdot h \rightarrow A = \frac{V}{h} = \frac{1.674,68 \text{ m}^3}{5 \text{ m}} = 334,94 \text{ m}^2$$

Además, el tiempo de retención se calcula como la relación entre el volumen y el caudal medio:

$$\theta = \frac{V}{Q_m} = \frac{1.674,68 \text{ m}^3}{42,28 \text{ m}^3/\text{día}} = 39,61 \text{ días}$$

El rendimiento reductor y la composición efluente es:

$$\% \text{ Reductor SS} = 60\% \rightarrow SS_e = (100 - 60)\% \cdot 2.724,4 = 1.089,76 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor DBO} = 50\% \rightarrow DBO_e = (100 - 50)\% \cdot 3.960,93 = 1.980,47 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor DQO} = 50\% \rightarrow DQO_e = (100 - 50)\% \cdot 29.650 = 14.825 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor N} = 10\% \rightarrow N_e = (100 - 10)\% \cdot 3.675,78 = 3.308,21 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor P} = 5\% \rightarrow P_e = (100 - 5)\% \cdot 2.306,79 = 2.191,45 \text{ mg/L}$$

LAGUNA FACULTATIVA

Este tipo de lagunas se diseñan de forma que se favorezcan los mecanismos de oxigenación del medio: actividad fotosintética (principalmente) y reaireación superficial. Por ello, el parámetro principal para el dimensionamiento de las lagunas facultativas es la carga orgánica superficial. Para calcular dicho parámetro se utiliza la siguiente expresión:

$$\lambda_s = 350 \cdot (1,107 - 0,002 \cdot T)^{T-25}$$

La temperatura de diseño se mantiene como en la laguna anaerobia, 9°C en Zamudio. De lo que se obtiene:

$$\lambda_s = 350 \cdot (1,107 - 0,002 \cdot 9^\circ\text{C})^{9^\circ\text{C}-25} = 89,46 \text{ kgDBO/Ha} \cdot \text{día}$$

La carga volumétrica de las aguas residuales influentes en la laguna facultativa es:

$$\begin{aligned} \text{Carga volumétrica influente} &= 42,28 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 1.980,47 \text{ mg/L} \cdot \frac{1.000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \\ &= 83,73 \text{ kgDBO/día} \end{aligned}$$

La relación entre la carga volumétrica superficial asimilable y la carga volumétrica influente permite calcular la superficie de la laguna facultativa:

$$\text{Área} = \frac{83,73 \text{ kgDBO/día}}{89,46 \text{ kgDBO/Ha} \cdot \text{día}} = 0,94 \text{ Ha} = 9.359,49 \text{ m}^2$$

Dado que las algas precisan luz para generar oxígeno y que la difusión de éste en el agua es muy lenta, la profundidad de estas lagunas oscila entre 1,5 – 2,0 m.

En este caso se adopta una profundidad de 1,5 metros y asimilando la laguna como un tronco piramidal invertido de base cuadrada, el volumen se calcula mediante:

$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_B + A_b + \sqrt{A_B \cdot A_b})$$

$V (m^3) =$ volumen ocupado por el agua residual

$h (m) =$ profundidad del agua residual en la laguna

$A_B (m^2) =$ Área de la base mayor, en este caso al ser invertida, la cara superior

$A_b (m^2) =$ Área de la base menor, en este caso al ser invertida, la cara inferior

De la fórmula calculada anteriormente se obtiene $A_B = 18.720,1 m^2$. El talud de la laguna facultativa puede ser entre 2:1 a 4:1, por lo que asumiendo un talud de 3:1 y una relación ancho/largo de 2/1, el área de la cara inferior, A_b , es:

$$A_B = 18.720,1 m^2 \rightarrow \begin{array}{c} L \\ \square \\ 2L \end{array} \rightarrow A_B = L \cdot 2L \rightarrow L = \sqrt{\frac{A_B}{2}} = \sqrt{\frac{18.720,1 m^2}{2}} = 96,76 m$$

$$A_b \rightarrow \begin{array}{c} 3 \\ \triangle \\ 1 \end{array} \quad \begin{array}{c} 4,5 \\ \triangle \\ 1,5 \end{array} \rightarrow A_b = (L - 2 \cdot 4,5) \cdot (2L - 2 \cdot 4,5) \rightarrow A_b =$$

$$(96,76 - 9) \cdot (2 \cdot 96,76 - 9) = 16.193,48 m^2$$

Conocidas las áreas de la base mayor, la base menor y la altura se puede calcular el volumen mediante la fórmula anterior:

$$V = \frac{1,5}{3} \cdot (9.359,49 m^2 + 7.593,79 m^2 + \sqrt{9.359,49 m^2 \cdot 7.593,79 m^2}) = 12.691,91 m^3$$

Además, el tiempo de retención se calcula como la relación entre el volumen y el caudal medio:

$$\theta = \frac{V}{Q_m} = \frac{12.691,91 m^3}{42,28 m^3/día} = 300,19 \text{ días}$$

El valor de tiempo de retención obtenido sigue sin ser aceptable ya que el proyecto comenzaría a funcionar pasados 10 meses. Analizando la gran reducción de tiempo que se ha obtenido añadiendo una laguna anaerobia adicional, se considera necesario intensificar el tratamiento previo con una tercera laguna anaerobia y recalcular la laguna facultativa.

5.4.3. Combinación inicial ampliada 2

LAGUNA ANAEROBIA 3

En este caso la temperatura media del mes más frío de Zamudio es de 9 grado por lo que la carga volumétrica es:

Tª de diseño (°C)	Carga volumétrica Cv (g/m³ · día)
<10	100
10-20	20 · T-100
20-25	10 · T+100

Tabla 37 Valores recomendados de carga volumétrica en Lagunas Anaerobias, en función de la temperatura de diseño. [30]

La expresión de la carga volumétrica es:

$$C_v = \frac{C_e \cdot Q_m}{V} \quad \text{De la cual se despeja el volumen: } V = \frac{C_e \cdot Q_m}{C_v} = \frac{1.980,47 \text{ mg/L} \cdot 42,28 \text{ m}^3/\text{día}}{100 \text{ g/m}^3 \cdot \text{día}} = 837,34 \text{ m}^3$$

Las lagunas anaerobias están compuestas por paredes verticales con una profundidad de diseño de 3 a 5 metros, por lo que la superficie de la laguna de diseño es:

$$V = A \cdot h \quad \rightarrow \quad A = \frac{V}{h} = \frac{837,34 \text{ m}^3}{5 \text{ m}} = 167,47 \text{ m}^2$$

Además, el tiempo de retención se calcula como la relación entre el volumen y el caudal medio:

$$\theta = \frac{V}{Q_m} = \frac{837,34 \text{ m}^3}{42,28 \text{ m}^3/\text{día}} = 19,81 \text{ días}$$

El rendimiento reductor y la composición efluente es:

$$\% \text{ Reductor SS} = 60\% \quad \rightarrow \quad SS_e = (100 - 60)\% \cdot 1.089,76 = 435,90 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor DBO} = 50\% \quad \rightarrow \quad DBO_e = (100 - 50)\% \cdot 1.980,47 = 990,24 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor DQO} = 50\% \quad \rightarrow \quad DQO_e = (100 - 50)\% \cdot 14.825 = 7.412,5 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor N} = 10\% \quad \rightarrow \quad N_e = (100 - 10)\% \cdot 3.308,21 = 2.977,39 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor P} = 5\% \quad \rightarrow \quad P_e = (100 - 5)\% \cdot 2.191,45 = 2.081,88 \text{ mg/L}$$

LAGUNA FACULTATIVA

Este tipo de lagunas se diseñan de forma que se favorezcan los mecanismos de oxigenación del medio: actividad fotosintética (principalmente) y reaireación

superficial. Por ello, el parámetro principal para el dimensionamiento de las lagunas facultativas es la carga orgánica superficial. Para calcular dicho parámetro se utiliza la siguiente expresión:

$$\lambda_s = 350 \cdot (1,107 - 0,002 \cdot T)^{T-25}$$

La temperatura de diseño se mantiene como en la laguna anaerobia, 9°C en Zamudio. De lo que se obtiene:

$$\lambda_s = 350 \cdot (1,107 - 0,002 \cdot 9)^{9-25} = 89,46 \text{ kgDBO}/\text{Ha} \cdot \text{día}$$

La carga volumétrica de las aguas residuales influentes en la laguna facultativa es:

$$\begin{aligned} \text{Carga volumétrica influente} &= 42,28 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot 990,24 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \\ &= 41,87 \text{ kgDBO}/\text{día} \end{aligned}$$

La relación entre la carga volumétrica superficial asimilable y la carga volumétrica influente permite calcular la superficie de la laguna facultativa:

$$\text{Área} = \frac{41,87 \text{ kgDBO}/\text{día}}{89,46 \text{ kgDBO}/\text{Ha} \cdot \text{día}} = 0,47 \text{ Ha} = 4.680 \text{ m}^2$$

Dado que las algas precisan luz para generar oxígeno y que la difusión de éste en el agua es muy lenta, la profundidad de estas lagunas oscila entre 1,5 – 2,0 m.

En este caso se adopta una profundidad de 1,5 metros y asimilando la laguna como un tronco piramidal invertido de base cuadrada, el volumen se calcula mediante:

$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_B + A_b + \sqrt{A_B \cdot A_b})$$

$V \text{ (m}^3\text{)} = \text{volumen ocupado por el agua residual}$

$h \text{ (m)} = \text{profundidad del agua residual en la laguna}$

$A_B \text{ (m}^2\text{)} = \text{Área de la base mayor, en este caso al ser invertida, la cara superior}$

$A_b \text{ (m}^2\text{)} = \text{Área de la base menor, en este caso al ser invertida, la cara inferior}$

De la fórmula calculada anteriormente se obtiene $A_B = 18.720,1 \text{ m}^2$. El talud de la laguna facultativa puede ser entre 2:1 a 4:1, por lo que asumiendo un talud de 3:1 y una relación ancho/largo de 2/1, el área de la cara inferior, A_b , es:

$$A_B = 18.720,1 \text{ m}^2 \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline \square \\ \hline \end{array} \begin{array}{l} \text{ancho} \\ 2L \end{array} \quad A_B = L \cdot 2L \rightarrow L = \sqrt{\frac{A_B}{2}} = \sqrt{\frac{18.720,1 \text{ m}^2}{2}} = 96,76 \text{ m}$$

$$A_b \rightarrow \begin{array}{|c|} \hline \triangle \\ \hline \end{array} \begin{array}{l} \text{talud} \\ 3 \\ \text{ancho} \\ 4,5 \end{array} \quad \rightarrow A_b = (L - 2 \cdot 4,5) \cdot (2L - 2 \cdot 4,5) \rightarrow A_b =$$

$$(96,76 - 9) \cdot (2 \cdot 96,76 - 9) = 16.193,48 \text{ m}^2$$

Conocidas las áreas de la base mayor, la base menor y la altura se puede calcular el volumen mediante la fórmula anterior:

$$V = \frac{1,5}{3} \cdot \left(4.680m^2 + 3.455,99m^2 + \sqrt{4.680m^2 \cdot 3.455,99 m^2} \right) = 6.078,84 m^3$$

Además, el tiempo de retención se calcula como la relación entre el volumen y el caudal medio:

$$\theta = \frac{V}{Q_m} = \frac{6.078,84 m^3}{42,28 m^3/día} = 143,77 \text{ días}$$

El valor de tiempo de retención obtenido es aceptable ya que supone algo menos de 5 meses. Sin embargo, analizando la gran reducción de tiempo que se ha obtenido añadiendo lagunas anaerobias adicionales, se ha observado que suponen menor espacio y reducido tiempo de retención, se disminuye considerablemente la superficie y el tiempo de retención de la laguna facultativa. Por ello, se considera añadir una cuarta y última laguna facultativa para afinar las características de la laguna facultativa.

5.4.4. Combinación inicial ampliada 3

LAGUNA ANAEROBIA 4

En este caso la temperatura media del mes más frío de Zamudio es de 9 grado por lo que la carga volumétrica es:

Tª de diseño (°C)	Carga volumétrica Cv (g/m³ · día)
<10	100
10-20	20 · T-100
20-25	10 · T+100

Tabla 38 Valores recomendados de carga volumétrica en Lagunas Anaerobias, en función de la temperatura de diseño. [30]

La expresión de la carga volumétrica es:

$$C_v = \frac{C_e \cdot Q_m}{V} \quad \text{De la cual se despeja el volumen: } V = \frac{C_e \cdot Q_m}{C_v} = \frac{990,24 \text{ mg/L} \cdot 42,28 \text{ m}^3/\text{día}}{100 \text{ g/m}^3 \cdot \text{día}} = 418,67 \text{ m}^3$$

Las lagunas anaerobias están compuestas por paredes verticales con una profundidad de diseño de 3 a 5 metros, por lo que la superficie de la laguna de diseño es:

$$V = A \cdot h \quad \rightarrow A = \frac{V}{h} = \frac{418,67 \text{ m}^3}{5 \text{ m}} = 83,73 \text{ m}^2$$

Además, el tiempo de retención se calcula como la relación entre el volumen y el caudal medio:

$$\theta = \frac{V}{Q_m} = \frac{418,67 \text{ m}^3}{42,28 \text{ m}^3/\text{día}} = 9,90 \text{ días}$$

El rendimiento reductor y la composición efluente es:

$$\% \text{ Reductor SS} = 60\% \rightarrow SS_e = (100 - 60)\% \cdot 435,90 = 174,36 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor DBO} = 50\% \rightarrow DBO_e = (100 - 50)\% \cdot 990,24 = 495,12 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor DQO} = 50\% \rightarrow DQO_e = (100 - 50)\% \cdot 7.412,5 = 3.706,25 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor N} = 10\% \rightarrow N_e = (100 - 10)\% \cdot 2.977,39 = 2.679,65 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor P} = 5\% \rightarrow P_e = (100 - 5)\% \cdot 2.081,88 = 1.977,79 \text{ mg/L}$$

LAGUNA FACULTATIVA

Este tipo de lagunas se diseñan de forma que se favorezcan los mecanismos de oxigenación del medio: actividad fotosintética (principalmente) y reaeración superficial. Por ello, el parámetro principal para el dimensionamiento de las lagunas facultativas es la carga orgánica superficial. Para calcular dicho parámetro se utiliza la siguiente expresión:

$$\lambda_s = 350 \cdot (1,107 - 0,002 \cdot T)^{T-25}$$

La temperatura de diseño se mantiene como en la laguna anaerobia, 9°C en Zamudio. De lo que se obtiene:

$$\lambda_s = 350 \cdot (1,107 - 0,002 \cdot 9)^{9-25} = 89,46 \text{ kgDBO/Ha} \cdot \text{día}$$

La carga volumétrica de las aguas residuales influentes en la laguna facultativa es:

$$\begin{aligned} \text{Carga volumétrica influente} &= 42,28 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot 495,12 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^6 \text{ mg}} \\ &= 20,93 \text{ kgDBO/día} \end{aligned}$$

La relación entre la carga volumétrica superficial asimilable y la carga volumétrica influente permite calcular la superficie de la laguna facultativa:

$$\text{Área} = \frac{20,93 \text{ kgDBO/día}}{89,46 \text{ kgDBO/Ha} \cdot \text{día}} = 0,23 \text{ Ha} = 2.340 \text{ m}^2$$

Dado que las algas precisan luz para generar oxígeno y que la difusión de éste en el agua es muy lenta, la profundidad de estas lagunas oscila entre 1,5 – 2,0 m.

En este caso se adopta una profundidad de 1,5 metros y asimilando la laguna como un tronco piramidal invertido de base cuadrada con talud 2:1, el volumen se calcula mediante:

$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_B + A_b + \sqrt{A_B \cdot A_b})$$

$V (m^3) =$ volumen ocupado por el agua residual

$h (m) =$ profundidad del agua residual en la laguna

$A_B (m^2) =$ Área de la base mayor, en este caso al ser invertida, la cara superior

$A_b (m^2) =$ Área de la base menor, en este caso al ser invertida, la cara inferior

De la fórmula calculada anteriormente se obtiene $A_B = 18720,1 m^2$. El talud de la laguna facultativa puede ser entre 2:1 a 4:1, por lo que asumiendo un talud de 3:1 y una relación ancho/largo de 2/1, el área de la cara inferior, A_b , es:

$$A_B = 2.340 m^2 \rightarrow \begin{array}{c} L \\ \square \\ 2L \end{array} \rightarrow A_B = L \cdot 2L \rightarrow L = \sqrt{\frac{A_B}{2}} = \sqrt{\frac{2.340 m^2}{2}} = 34,20 m$$

$$A_b \rightarrow \begin{array}{c} 3 \\ \triangle \\ 1 \end{array} \quad \begin{array}{c} 4,5 \\ \triangle \\ 1,5 \end{array} \rightarrow A_b = (L - 2 \cdot 4,5) \cdot (2L - 2 \cdot 4,5) \rightarrow A_b =$$

$$(34,20 - 9) \cdot (2 \cdot 34,20 - 9) = 1.496,88 m^2$$

Conocidas las áreas de la base mayor, la base menor y la altura se puede calcular el volumen mediante la fórmula anterior:

$$V = \frac{1,5}{3} \cdot (2.340 m^2 + 1.496,88 m^2 + \sqrt{2.340 m^2 \cdot 1.496,88 m^2}) = 2.854,21 m^3$$

Además, el tiempo de retención se calcula como la relación entre el volumen y el caudal medio:

$$\theta = \frac{V}{Q_m} = \frac{2.854,21 m^3}{42,28 m^3/día} = 67,51 días$$

El valor de tiempo de retención obtenido es aceptable ya que el proyecto comenzaría a funcionar antes de 3 meses. A pesar de no ser un valor habitual para el lagunaje, la composición del agua residual que se está tratando en todo el proyecto es muy superior al agua residual urbana habitual, por lo que se considera un resultado con el que se puede seguir desarrollando el proyecto.

El rendimiento reductor y la composición efluente es:

$$\% \text{ Reductor } SS = 60\% \rightarrow SS_e = (100 - 60)\% \cdot 174,36 = 52,31 mg/L$$

$$\% \text{ Reductor } DBO = 50\% \rightarrow DBO_e = (100 - 50)\% \cdot 495,12 = 247,56 mg/L$$

$$\% \text{ Reductor } DQO = 50\% \rightarrow DQO_e = (100 - 50)\% \cdot 3.706,25 = 1.853,12 mg/L$$

$$\% \text{ Reductor } N = 10\% \rightarrow N_e = (100 - 10)\% \cdot 2.679,65 = 2.411,68 mg/L$$

$$\% \text{ Reductor } P = 5\% \rightarrow P_e = (100 - 30)\% \cdot 1.977,79 = 1.384,45 \text{ mg/L}$$

LAGUNA DE MADURACIÓN

Una vez ajustada la instalación previa, se procede a diseñar la laguna de maduración, que únicamente depende del caudal de agua influente.

Para dimensionar la laguna de maduración, se ha de imponer un tiempo de retención superior a 5 días, mínimo necesario para la eliminación efectiva de organismos patógenos. Debido a los valores resultantes de los tratamientos anteriores, en este caso se estima un tiempo de retención proporcional de 50 días. Mediante la fórmula del tiempo de retención utilizada anteriormente se estima el volumen necesario:

$$\theta = \frac{V}{Q_m} \rightarrow V = \theta \cdot Q_m = 50 \text{ días} \cdot 42,28 \text{ m}^3/\text{día} = 2.114 \text{ m}^3$$

Al igual que en la laguna facultativa, se asemeja la laguna a un tronco piramidal invertido de base cuadrada con talud 3:1, una profundidad entre 0,8 y 1 metro y una relación ancho/largo de 3:1. Conocido el volumen y la profundidad, para calcular el área se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_B + A_b + \sqrt{A_B \cdot A_b})$$

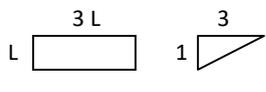
$V \text{ (m}^3\text{)} = \text{volumen ocupado por el agua residual}$

$h \text{ (m)} = \text{profundidad del agua residual en la laguna}$

$A_B \text{ (m}^2\text{)} = \text{Área de la base mayor, en este caso al ser invertida, la cara superior}$

$A_b \text{ (m}^2\text{)} = \text{Área de la base menor, en este caso al ser invertida, la cara inferior}$

Además, se conoce el valor del talud que relaciona los lados de las áreas de la base mayor y menor:



$$A_B = L \cdot 3L$$

$$A_b = (L - 6) \cdot (3L - 6)$$

Sustituyendo los datos conocidos en la fórmula del volumen se obtiene:

$$2.114 \text{ m}^3 = \frac{1}{3} \cdot (L \cdot 3L + (L - 6) \cdot (3L - 6) + \sqrt{L \cdot 3L \cdot (L - 6) \cdot (3L - 6)})$$

$$L = 28,56 \text{ m}$$

Por lo que sustituyendo en las ecuaciones anteriores se obtiene:

$$A_B = 2.447,02 \text{ m}^2$$

$$A_b = 1.797,58 \text{ m}^2$$

En este caso, la laguna anaerobia tiene que cumplir una última condición y es que la carga superficial aplicada no supere el 75% de la carga con la que trabaja la laguna facultativa,

$$495,12 \text{ mg/L} < 75\% \cdot 990,24 \text{ mg/L} \rightarrow 495,12 \text{ mg/L} < 742,68 \text{ mg/L} \quad \text{CUMPLE}$$

El rendimiento reductor y la composición efluente es:

$$\% \text{ Reductor SS} = 60\% \rightarrow SS_e = (100 - 80)\% \cdot 52,31 = 10,46 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor DBO} = 50\% \rightarrow DBO_e = (100 - 85)\% \cdot 99,02 = 14,85 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor DQO} = 50\% \rightarrow DQO_e = (100 - 80)\% \cdot 926,56 = 185,31 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor N} = 10\% \rightarrow N_e = (100 - 80)\% \cdot 1071,86 = 214,37 \text{ mg/L}$$

$$\% \text{ Reductor P} = 5\% \rightarrow P_e = (100 - 60)\% \cdot 1384,45 = 553,78 \text{ mg/L}$$

5.4.5. Combinación definitiva

Con el fin de simplificar lo analizado anteriormente, se presentan los resultados del desarrollo:

COMBINACIÓN DE LAGUNAJE	ANAEROBIA		FACULTATIVA		MADURACIÓN		TOTAL	
	Superficie m^2	θ días						
ANAEROBIA 1 FACULTATIVA MADURACIÓN	669,87	79,22	18.720,1	633,74	2.447,02	50	21.837	762,96
ANAEROBIA 1 ANAEROBIA 2 FACULTATIVA MADURACIÓN	1.004,81	118,83	9.359,49	300,19	2.447,02	50	12.811,32	469,02
ANAEROBIA 1 ANAEROBIA 2 ANAEROBIA 3 FACULTATIVA MADURACIÓN	1.172,28	138,64	4.680	143,77	2.447,02	50	8.299,3	332,41
ANAEROBIA 1 ANAEROBIA 2 ANAEROBIA 3 ANAEROBIA 4 FACULTATIVA MADURACIÓN	1.256,01	148,54	2.340	67,51	2.447,02	50	6.043,03	266,05

Tabla 39 Resumen de cálculos. Fuente: Edición propia

Como se observa en la tabla anterior, el tratamiento más sencillo supone un periodo total de depuración demasiado largo. Para darle solución y centrándose en los exigentes rendimientos de SS, DBO y DQO de vertidos a la red de saneamiento, se ha optado por optimizar la fase anaerobia, repitiendo esta fase hasta conseguir periodos de tiempo aceptables. Así, se ha obtenido una combinación de cuatro lagunas anaerobias, una facultativa y una de maduración, con un periodo total de tratamiento de 266 días.

La composición del efluente final es:

SS	DBO	DQO	N	P
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
10,46	14,85	185,31	214,37	553,78

Tabla 40 Composición estimada del efluente. Fuente: Edición propia

5.5. Tratamiento de fangos

Los puntos de la planta en los que se retienen la materia sólida del agua residual son:

- Pozo de gruesos
- Desbaste
- Decantador 1
- Decantador 2

De las instalaciones anteriores, las únicas de las que se puede valorar el volumen de fangos recogidos son ambos decantadores.

5.5.1. Fangos de decantación

En el apartado del dimensionamiento de los decantadores de este mismo anejo, apartado 3.2. *Decantación* se pueden encontrar los valores de fangos recogidos.

Decantador 1: 1.528 kg/día = 1.910 L/día

Decantador 2: 534,8 kg/día = 668,5 L/día

En total, el volumen de fango obtenido es de 2.578,5 L/día, estimando un valor de 3.000 L/día aumentada de la recogida en el pozo de gruesos y desbaste. Suponiendo que la recogida por parte del gestor se realice cada 3 días, el volumen del depósito debe ser de 9.000 L/día. Para ello, se ha escogido un decantador del proveedor Salher, modelo CHC-F 10.000, con las siguientes características:



CAPACIDAD [LITROS]	φ [MM]	LONGITUD [MM]	POTENCIA BOMBA FANGOS [KW] III 400V 50 HZ
2500	1400	1905	0,55
5000	1700	2540	0,55
10000	2000	3580	0,55
12000	2000	4214	0,55
15000	2000	5170	0,55

Figura 67 Depósito para residuos con origen en con origen en decantadores. [53]

- Depósito de PRFV construido para enterrar.
- Juego de tuberías de entrada, ventilación y rebose a cabecera de planta.
- Incluye bomba para alojar en decantador secundario: bomba tipo vortex de paso 50 mm, de 0.55 kW III 400 v 50 Hz, construido en inox. Con salida de impulsión en DN 40-50 mm.

5.5.2. Fangos de pretratamiento

El pretratamiento retiene sólidos en el pozo de gruesos y desbaste. Ambas instalaciones tienen un equipo para la recogida de los mismos. En el caso del pozo de gruesos, una cuchara bivalva extrae los sólidos sedimentados y los retira de la línea de tratamiento.

Por otro lado, en el canal de desbaste, se retiran manualmente los sólidos retenidos en las rejillas de finos y gruesos mediante un rastrillo que vierte en unos cestos situados en el extremo superior.

Los residuos nombrados anteriormente se depositan en un único contenedor situado al lado del pozo de gruesos, dentro del radio de alcance de la cuchara. Los cestos del desbaste se transportan mediante carretilla para vaciarlos en el contenedor. Las características de este son:



Figura 68 Depósito para residuos con origen en con origen en pozo de gruesos y desbaste [52]

- **Medidas:**

Largo Interior: 6.000 mm.

Ancho Superior: 2.450 mm.

Altura Interior: 2.200 mm.

- Chapa de 4 mm en el suelo.
- Chapa de 3 mm en el lateral.
- Vigas carril en IPN de 180 mm, reforzadas con costillas de IPN de 80 cada 500 mm.
- Rodillos de arrastre metálicos con sistema de burlón.
- Puerta trasera de libro con cierre de seguridad superior e inferior, siendo el superior de un diseño especial para su fácil manipulación desde el suelo.

Conformado en redondo macizo de 20 mm. Bisagras de acero de gran resistencia.

- Gancho de redondo macizo de 50 mm de \emptyset , montado sobre planchas de oxicorte de 20 mm, formando así una zona de enganche rígida para aumentar así la resistencia.
- Frontal del contenedor en chapa de 3 mm reforzado este longitudinalmente con viga UPN100.

La recogida de este contenedor no tiene una frecuencia que se pueda prever, ya que los residuos que se recogen son por causas fortuitas. Por ello, la recogida del mismo dependerá del volumen ocupado, coincidiendo con la recogida periódica de 3 días del depósito de los residuos de decantación, de acuerdo con el gestor de fangos y de las necesidades de la planta y el estado del material.

5.5.2. Gestión de residuos

El tratamiento de lodos se gestiona a través de una empresa externa que se encarga de la recogida, transporte y gestión documental. El gestor escogido es Sader Tratamiento Integral de Residuos.

ANEJO 6. Expropiaciones

ANEJO 6. Expropiaciones

6.1. Objetivo	217
6.2. Afecciones	218
6.2.1. Expropiaciones.....	218
6.2.2. Imposición de servidumbre	218
6.2.3. Ocupación temporal	218
6.3. Definición del espacio afectado	219
6.4. Criterios de valoración	220

6.1. Objetivo

El objeto del presente anejo es definir los terrenos, así como los bienes y derechos afectados, que son estrictamente necesarios para la correcta ejecución de las obras contempladas en este proyecto.

Para ello, se van a enumerar las superficies y el uso para el que sirven, así como los servicios correspondientes que recorren cada una de ellas. Este estudio además de informativo para los afectados, tiene como utilidad el cálculo del coste que se agregará al presupuesto final de la obra.

6.2. Afecciones

Es adecuado clasificar las expropiaciones en función del tiempo de cambio de uso, por lo que se diferencia entre expropiación, imposición de servidumbre y ocupación temporal. A continuación se detalla cada una de ellas y la superficie que corresponde a cada una de ellas en este caso. [73]

6.2.1. Expropiaciones

Este caso es la incautación de tipo permanente, que contempla la superficie habilitada para las instalaciones del tratamiento de aguas residuales, así como todos los elementos y obras anexas o complementarias definidas en el proyecto que coincidan con la rasante del terreno o sobresalgan.

6.2.2. Imposición de servidumbre

Es una expropiación permanente, que puede ser utilizada por el propietario original pero en la que no podrá edificar ni colocar ningún elemento con carácter definitivo que obstaculice los servicios de conservación y mantenimiento del proyecto.

6.2.3. Ocupación temporal

Supone la incautación temporal de una superficie colindante a la explanada del proyecto que sirve como alojamiento de material y maquinaria de la obra durante el periodo de ejecución de la misma.

6.3. Definición del espacio afectado

Para el desarrollo del proyecto de TRATAMIENTO DE DEPURACIÓN DE PURINES MEDIANTE TRATAMIENTO NO CONVENCIONAL CON ORIGEN EN GRANJA ABEREKIN, S.L. (ZAMUDIO, BIZKAIA) los terrenos afectados son las parcelas sobre las que se ubica la explanada y el acceso a la misma. Además, para el acopio del material y la maquinaria es necesario para los movimientos de tierras es necesario recurrir a la ocupación temporal de las parcelas contiguas.

La ubicación de este proyecto se sitúa sobre dos parcelas. La superficie de una de ellas es lo suficiente extensa para albergar la explanada en cuestión y la zona de acopio de material auxiliar. Sin embargo, la parcela colindante es susceptible a expropiación ya que albergaría el acceso a la planta desde la carretera. La superficie total es considerablemente mayor a la de la explanada, pudiendo disponer del espacio adicional para posibles acciones futuras.

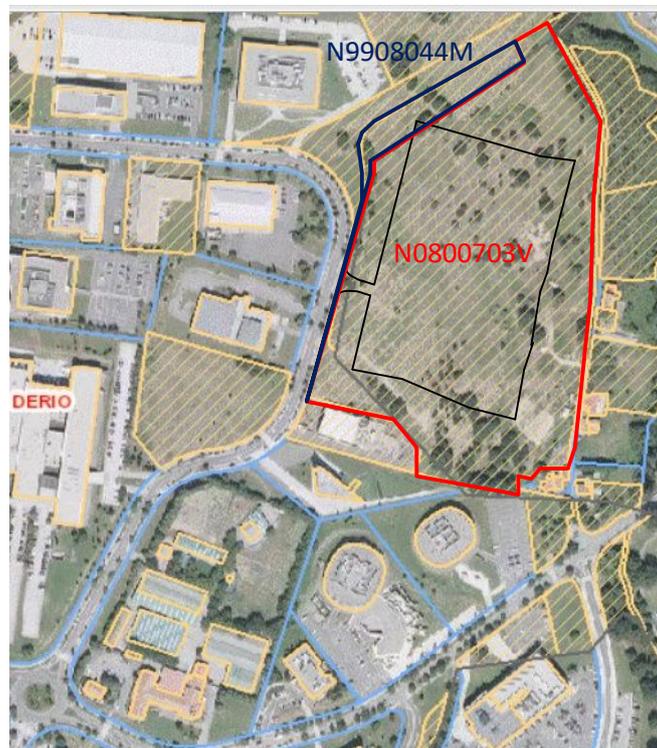


Figura 69 Parcelación del Catastro de la zona afectada. [74]

6.4. Criterios de valoración

El coste del terreno varía en función de su clasificación, edificabilidad y una serie de coeficientes correctores. Los criterios utilizados para valorar las expropiaciones han sido suministrados por el Servicio de Gestión de Suelo de la Diputación Foral de Bizkaia. A continuación se presenta la Ficha Valor Catastral de cada una de las parcelas afectadas:

Ficha Valor Catastral



BIENES DE NATURALEZA URBANA

Número Fijo	Vía Pública o Paraje	Nº Portal	Uso/Clase/Modalidad	Superficie Catastral (m2)
N0800703V	GELDO AUZOA	071A	Solares y Suelos Vacantes. S.4.1.	6,287

DATOS VALORACIÓN

Número Fijo	Superficie (m2)	Tipo Zona	Zona Valor	VBS (€/m2)	Edificabilidad (m2/m2)	Rm	
N0800703V	Subarea 1	6,29	I	PARQUE TECNOLÓGICO	353,67	0,25	0,50

COEFICIENTES CORRECTORES

Número Fijo	Subarea 1	Excluyentes			No excluyentes			
		CCL1	CCL2	CCL3	CCL5	CCL6	CCL7	CCL10
N0800703V	Subarea 1	0,000	0,000	0,000	0,700	0,000	0,850	0,550

Número Fijo	Bien Inmueble	Valor Catastral (€)
N0800703V	905001090010001	784.753,50

Ficha Valor Catastral



BIENES DE NATURALEZA URBANA

Número Fijo	Vía Pública o Paraje	Nº Portal	Uso/Clase/Modalidad	Superficie Catastral (m2)
N9908044M	ARTEAGA BARRIO	046E	Solares y Suelos Vacantes. S.1.1.	0,469

DATOS VALORACIÓN

Número Fijo	Superficie (m2)	Tipo Zona	Zona Valor	VBS (€/m2)	Edificabilidad (m2/m2)	Rm	
N9908044M	Subarea 1	0,47	I	PARQUE TECNOLÓGICO	247,25	0,25	0,50

COEFICIENTES CORRECTORES

Número Fijo	Subarea 1	Excluyentes			No excluyentes			
		CCL1	CCL2	CCL3	CCL5	CCL6	CCL7	CCL10
N9908044M	Subarea 1	0,000	0,000	0,000	0,800	1,000	0,000	0,000

Número Fijo	Bien Inmueble	Valor Catastral (€)
N9908044M	901019010080001	105.858,53

Figura 70 Ficha de Valor Catastral de las parcelas afectadas. [75]

En conclusión, la superficie a expropiar es de 67.560 m2. El coste total de los terrenos y bienes afectados por el proyecto TRATAMIENTO DE DEPURACIÓN DE PURINES MEDIANTE TRATAMIENTO NO CONVENCIONAL CON ORIGEN EN GRANJA ABEREKIN, S.L. (ZAMUDIO, BIZKAIA) asciende a un valor de OCHO CIENTOS NOVENTA MIL SEISCIENTOS DOCE CON CERO TRES, 890.612,03€.

