

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

Proyecto de ampliación de la EDAR de
La Arboleda (Bizkaia) para la reutilización del
agua tratada en el Meaztegi Golf

DOCUMENTO N°1:
MEMORIA Y ANEJOS

Alumna: Abrisqueta Moure, Ane

Directora del proyecto: de Luis Álvarez, Ana

Curso: 2018-2019

Fecha: Marzo de 2019

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

En la actualidad, la EDAR de La Arboleda vierte el agua que trata a un terreno colindante, sin darle ningún tipo de uso. Por otra parte, El Meaztegi golf requiere unos volúmenes muy grandes de agua para su riego. Además, la presa que tiene para ello sufre filtraciones y sus reservas están disminuyendo con el tiempo.

En este trabajo se plantea como solución a la problemática existente una ampliación de la EDAR de La Arboleda. Así, se propone llevar el efluente actual a un tratamiento terciario y, posteriormente, a un depósito de almacenamiento hasta su reutilización en el golf.

El tratamiento terciario debe conseguir la calidad establecida por la legislación vigente de reutilización de aguas para uso recreativo de campos de golf. Para ello, primeramente se propone una filtración para afinar los parámetros físico-químicos. Posteriormente, se lleva a cabo una desinfección mediante rayos ultravioleta, cuyo objetivo es mejorar los parámetros biológicos del agua. Por último, se realiza una postdesinfección mediante cloro para que el agua tratada mantenga la calidad exigida hasta su reuso. Previamente a todos estos procesos, es necesaria la instalación de un pozo de bombeo para garantizar la cota y presión adecuada en toda la red que unen los equipos.

Tras el tratamiento, el agua se almacena en dos depósitos de 421 m³ cada uno, capaces de acumular el agua tratada durante 10 horas a caudal máximo.

Principalmente se ha optado por elegir elementos prefabricados para reducir el tiempo de ejecución y la obra civil. Los materiales empleados son diversos, tales como hormigón, acero o fundición dúctil. Todos ellos siempre garantizan el mejor funcionamiento y el menor mantenimiento.

En total la obra saldrá a concurso con el Presupuesto de Ejecución por Contrata de 274.478,82 euros y el plazo estimado es de 50 días aproximadamente, suponiendo que se sigue el plan de obra correctamente.

Palabras Clave: Tratamiento terciario, Reutilización, Filtración, Rayos ultravioleta, Cloración

SUMMARY AND KEYWORDS

Nowadays, the WWTP of La Arboleda pours the water that treats to an adjoining land, without giving it any type of use. On the other hand, Meaztegi golf requires very large volumes of water for irrigation. In Addition, the dam that is used for the irrigation suffers leaks and its reserves are declining with time.

In this work we propose an extension of the WWTP of La Arboleda as a solution to the existing problem. Thus, it is proposed that the current effluent is brought to a tertiary treatment and, subsequently, to a storage depot until its reuse for golf purposes.

The tertiary treatment must achieve the quality established by the current legislation of reuse of waters for recreational use of golf courses. To do so, first we suggest a filtration to fine-tune the physical-chemical parameters. Subsequently, disinfection is carried out by ultraviolet rays, whose objective is to improve the biological parameters of the water. Finally, maintenance disinfection is carried out by means of chlorine so that the treated water maintains the required quality until it is reused. Prior to all these processes, it is necessary to install a pumping that ensures the proper level and pressure throughout the network that joins the equipment.

After the treatment, the water is stored in two tanks of 421 m³ each, both capable of accumulating the treated water for 10 hours at maximum flow.

It has been mainly chosen to use prefabricated elements to reduce the time of execution and the civil work. The materials used are diverse, such as concrete, steel or ductile iron. All of them always guarantee the best operation and the least maintenance.

In total, the work will go to contest with the Contract Execution Budget of 274,478.82 euros and the estimated time will be of 50 days approximately, assuming that the work plan is correctly followed.

Key Words: Tertiary Treatment, Reuse, Filtration, Ultraviolet Rays, Chlorination

LABURPENA ETA HITZ GAKOAK

Gaur egun, La Arboleda-ko HUA-k aldameneko lur batetan tratatzen duen ura isurtzen du, edozein motatako erabilera eman gabe. Bestalde, Meaztegi golfak ureztatzeko ur-bolumen handiak behar ditu. Horrez gain, hori egin behar den presan isuri egiten da eta denboran zehar bere erretserbak gutxitzen ari dira.

Lan honetan, La Arboleda HUA-k dagoeneko dituen arazoei konponbidea emateko proposamen bat egiten da. Horrela, gaur egungo efluenta hirugarren mailako tratamendu batera eramatea proposatzen da eta, ondoren, biltegiatze-tanga batera golfean berrerabili arte. Hirugarren mailako tratamenduak ur-berrerabiltzeari dagokion legeria indarrean dagoen legeriak ezartzen duen kalitatea lortu beharko du, zehazki golf zelaien erabilererako. Horretarako, lehenik eta behin parametro fisiko-kimikoak hobetzeko filtrazio bat proposatzen du lan honek. Ondoren, izpi ultramoreen bidez desinfektatu egiten da eta horren helburua uraren parametro biologikoak hobetzea da. Azkenean, klorarekin desinfektatu egiten da, tratatutako urak beharrezko kalitatea mantendu dezan berriz erabilia izan arte. Prozesu horiek martxan jarri baino lehen, ponpaketa-putzu bat instalatu behar da ekipamendua lotzen duen sarean maila eta presio egokia bermatzeko.

Tratamenduaren ostean, ura 421 m³-ko bi tangetan biltzen da, bakoitzak 10 ordutan tratatutako ura metatzeko ahalmena ahalbidetzen duelarik.

Batez ere, aurrefabrikatuak diren elementuak aukeratzea erabaki da, denbora eta obra zibilak murrizteko. Erabilitako materialak anitzak dira, hala nola, porlana, altzairua edo burdinurtu harikorra. Guztiek bermatzen dute beti funtzionamendu onena eta mantentze lanik txikiena.

Guzti hau kontuan hartuta, Kontrata Egite Aurrekontua honako hau izango da: 274.478,82 €. Aurreikusitako iraupena, gutxi gorabehera, 50 egunekoa da, beti ere lan-plana ondo jarraituko dela suposatuz.

Hitz gakoak: Hirugarren mailako tratamendua, Berrerabilpena, Filtrazioa, Izpi Ultramoreak, Klorazioa

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA DESCRIPTIVA	6
ANEJO 1: Dimensionamiento del tratamiento terciario y de los depósitos de agua regenerada	109
ANEJO 2: Cálculo de la línea de presión del tratamiento terciario	144
ANEJO 3: Señalización	166
ANEJO 4: Expropiación	176
ANEJO 5: Presupuesto para conocimiento de la administración	182
ANEJO 6: Clasificación del contratista	184
ANEJO 7: Declaración de obra completa	186

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA

MEMORIA DESCRIPTIVA	6
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABLAS	11
1. ANTECEDENTES	13
1.1 Introducción	13
1.2 Contexto	15
1.2.1 La escasez en España y en el País Vasco.	15
1.2.2 Estado y calidad de las aguas	15
1.2.3 Regeneración y la reutilización de aguas residuales	16
1.2.4 La industria del golf	18
1.3 Descripción de la E.D.A.R. de La Arboleda	19
1.3.1 Proceso de tratamiento	19
1.3.2 Vertidos	23
1.4 Descripción de Meaztegi Golf	24
1.5 Problemática del agua en La Arboleda	27
2. OBJETIVO Y ALCANCE	28
3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	29
4. BENEFICIOS QUE APORTA EL TRABAJO	32
5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	34
5.1 Estudio de alternativas del tratamiento terciario	34
5.2 Filtros	42
5.3 Desinfección	49
5.4 Análisis de alternativas del tratamiento terciario	54
5.5 Otros estudios de alternativas	60
5.5.1 Estudio de alternativas de la impulsión	60
5.5.2 Estudio de alternativas del depósito de agua regenerada	64
6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	66
6.1 Bombeo inicial	69
6.1.1 Objeto y parámetros de diseño	69
6.1.2 Solución adoptada y diseño	70
6.2 Filtración	72

6.2.1 Objeto y parámetros de diseño	72
6.2.2 Solución adoptada y diseño	72
6.2.3 Ciclo de trabajo	73
6.2.4 Mantenimiento	75
6.2.5 Características del agua filtrada	76
6.3 Desinfección UV	78
6.3.1 Objeto y parámetros de diseño	78
6.2.2 Solución adoptada y diseño	78
6.4 Cloración de mantenimiento	81
6.4.1 Objeto y parámetros de diseño	81
6.4.2 Solución adoptada y diseño	81
6.5 Depósitos de almacenamiento	84
6.5.1 Objeto	84
6.5.2 Solución adoptada y diseño	84
6.6 Red de tuberías	88
6.7 Parámetros del agua regenerada y su seguimiento y control	89
7. OBRA CIVIL	91
8. PLAN DE OBRA	94
9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	96
10. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	98
11. NORMATIVA	99
12. BIBLIOGRAFÍA	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Línea de tratamiento de EDAR de La Arboleda (Fuente: Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia)	21
Figura 2: Plano actual de la EDAR de La Arboleda (Fuente: Propia)	22
Figura 3: Ubicación Meaztegi Golf (Fuente: Google Maps)	24
Figura 4: Ubicación Meaztegi Golf y EDAR La Arboleda (Fuente: Google Maps)	25
Figura 5: Ubicación de EDAR de La Arboleda (Fuente: Diputación Foral de Bizkaia)	29
Figura 6: Acceso a la entrada de la planta (Fuente: Google Maps)	30
Figura 7: Tratamiento Terciario (Fuente: Propia)	31
Figura 8: Tecnologías de regeneración más empleadas (Fuente: Guía de aplicación del R.D. 1620/2007 por la que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de Aguas Depuradas)	36
Figura 9: Tipos de calidad según los límites bacteriológicos (Fuente: Guía de aplicación de R.D. 1620/ 2007)	37
Figura 10: Tratamientos de regeneración sin desalación (Fuente: Guía de aplicación de R.D. 1620/ 2007)	38
Figura 11: Tratamientos de regeneración con desalación (Fuente: Guía de aplicación de R.D. 1620/ 2007)	39
Figura 12: Filtro de Arena de Gravedad (Fuente: Esmotec)	42
Figura 13: Filtro de Arena a presión (Fuente: Filtromatic)	43
Figura 14: Filtro de Arena de lavado continuo (Fuente: Grupo Aema)	43
Figura 15: Filtro de anillas (Fuente: Lama filtration systems)	44
Figura 16: Filtro de anillas (Fuente: Lama filtration systems)	45
Figura 17: Tipos de membranas	47
(Fuente: Osorio Robles Francisco, Torres Rojo Juan Carlos, Sánchez Bas Mercedes y Colaboradores. “Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes”.)	47
Figura 18: Tanque de Cloración (Fuente: iAqua)	49
Figura 19: Proceso de Ozonización (Fuente: ISA Ingeniería y Servicios Ambientales)	50

Figura 20: Proceso de Rayos UV (Fuente: ISA Ingeniería y Servicios Ambientales)	51
Figura 21: Línea de tratamiento elegida (Fuente: Propia)	59
Figura 22: Bomba de tornillos (Fuente: Hidrometálica)	61
Figura 23: Bomba de hélice (Fuente: Flygt bombas)	62
Figura 24: Bomba centrífuga vertical y horizontal (Fuente: Sulzer ABS)	63
Figura 25: Problemas de degradación de la calidad de agua regenerada almacenada (Fuente: Guía para la aplicación del R.D. 1620/2007)	64
Figura 26: Ampliación de la EDAR y superficie de expropiación (Fuente: Propia)	68
Figura 27: Bomba ABS- XFP Modelo 100 (Fuente: Sulzer)	71
Figura 28: Equipo de filtración e instalación (Fuente: Propia)	73
Figura 29: Equipo de filtración FMA 2003 (Fuente: STF Filtros)	74
Figura 30: Equipos LBX instalados (Fuente: Wedeco)	79
Figura 31: Equipo de Rayos UV e instalación (Fuente: Propia)	80
Figura 32: Depósito para productos químicos (Fuente: BIOTanks)	82
Figura 33: Depósito Ilurco (Fuente: Ilurco)	87
Figura 34: Tuberías de fundición dúctil para aguas regeneradas (Fuente: Saint Gobain Pam)	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros de vertido de EDAR de La Arboleda y Legislación vigente de vertido. (Fuente: Propia basada en Valores proporcionados por el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia y el R. D. 509/1996)	23
Tabla 2: Necesidad de agua en Campo de Golf Meaztegi en año medio y en año seco (Fuente propia basado en datos de Global Golf Company)	26
Tabla 3: Parámetros de la EDAR de La Arboleda (Fuente: Propia basada en datos proporcionados por el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia)	34
Tabla 4: Calidad requerida para uso recreativo en campos de golf (Fuente: Propia basado en R. D. 1620/2007)	35
Tabla 5: Parámetros de vertido de EDAR de La Arboleda, Legislación vigente de vertidos y de reutilización. (Fuente :Propia)	35
Tabla 6: Costes de instalación y explotación en la regeneración de aguas (Fuente: Prats, 2015)	39
Tabla 7: Costes de instalación y explotación en la regeneración de aguas según tratamientos utilizados (Fuente: Prats, 2015)	40
Tabla 8: Parámetros de vertido de EDAR de La Arboleda y Legislación vigente de reutilización (Fuente: Propia)	40
Tabla 9: Membranas (Fuente: Osorio Robles Francisco, Torres Rojo Juan Carlos, Sánchez Bas Mercedes y Colaboradores. “Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes”.)	46
Tabla 10: Rendimiento de tecnologías de filtración. (Fuente: Propia basado en Apuntes de UPM de Asignatura Sistemas de Abastecimiento y Saneamiento)	47
Tabla 11: Ponderación de factores principales (Fuente: Propia)	55
Tabla 12: Valoración de factores principales (Fuente: Propia)	57
Tabla 13: Evaluación mediante Valor Técnico Ponderado (Fuente: Propia)	58
Tabla 14: Evaluación mediante la suma ponderada de rangos (Fuente: Propia)	59

Tabla 15: Parámetros antes y después de la filtración (Fuente: Propia)	76
Tabla 16: Dimensiones de un depósito llurco modelo 12 (Fuente: llurco)	86
Tabla 17: Parámetros finales de agua regenerada (Fuente: Propia)	89
Tabla 18: Frecuencias mínimas de muestreo para campos de golf (Fuente propia basado en el R.D. 1620/2007)	90

1. ANTECEDENTES

1.1 Introducción

La reutilización de aguas consiste en la aplicación, antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre para un nuevo uso privativo de las aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida en función de los usos a que se van a destinar (REAL DECRETO 1620/2007) [1]. En otras palabras, es el aprovechamiento de aguas residuales depuradas que se someten a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso que se destinan.

Uno de los primeros sistemas de reutilización se instaló en 1926 en Grand Canyon Village (Arizona), donde el agua debía de ser bombeado desde el fondo del Gran Cañon salvando un desnivel de 1.000 m debido a la gran escasez de agua. El agua regenerada fue necesaria entonces para la mayoría de los usos urbanos no potables; el riego de parques, extinción de incendios y uso de cisternas de servicios sanitarios . [2]

El mayor sistema hoy en día comenzó a instalarse en 1977 en la ciudad de San Peterburgo (Florida). Su realización fue motivada por las elevadas exigencias de vertido de efluente a la Bahía de Tampa y la fuerte sobreexplotación de los acuíferos de la región. Hoy en día, en Florida, el establecimiento de un programa eficaz de reutilización es un requisito obligatorio para el otorgamiento de concesiones de gestión de aguas residuales.

En la actualidad, cada vez son más los países que apuestan por el reuso de las aguas residuales como elemento fundamental en sus políticas de agua. La reutilización de aguas se plantea como solución a la problemática del agua existente; el aumento continuo de la población y a su vez el aumento de la demanda, la contaminación y deterioro de las aguas superficiales y subterráneas, la mala distribución territorial de los recursos hídricos, las sequías y la disminución de los recursos disponibles totales.

El reuso del agua se ha convertido la solución idónea para tratar la escasez de agua. En la actualidad, 700 millones de personas sufren escasez en todo el mundo y para el 2025 se estima que 1.800 millones de personas vivirán es escasez absoluta de agua y 2/3 podría sufrir estrés hídrico. Esto es, la falta de recursos hídrico será evidente y la reutilización será esencial para garantizar el recurso de forma continua en el tiempo. [3]

1.2 Contexto

El agua en antiguas culturas era un recurso básico para la supervivencia. Sin embargo, a lo largo del tiempo ha ido aumentando su consumo de manera incontrolada y ha disminuido su disponibilidad y su calidad.

1.2.1 La escasez en España y en el País Vasco.

La escasez de agua no solo afecta a nivel mundial sino que a España le afecta directamente debido a las sequías y la sobrexplotación del agua. España es uno de los países de Europa con mayor tendencia a estrés hídrico. Se prevee que para el 2030 un 65% de la población española podría sufrir escasez de agua. También es uno de los países europeos de los que más agua consume por habitante, aproximadamente de media 154 litros por habitante y día. [4-6]

La escasez no se encuentra solo en zonas áridas y con bajas precipitaciones anuales sino que también empieza a afectar a las zonas donde mayores precipitaciones hay. En las cuencas internas del País Vasco en el 2017 se encontraron al 43% de su capacidad, 12 puntos por debajo de la media estatal. Los sistemas hidrográficos del Norte son más vulnerables, porque los ríos son cortos y rápidos y los embalses tienen poca capacidad, lo que impide prever su rendimiento a largo plazo. Por ello, mientras los embalses del resto de España pueden contener hasta 500 hectómetros cúbicos, en la zona norte los mayores llegan a los 60 hectómetros. [7]

1.2.2 Estado y calidad de las aguas

Aparte de la disponibilidad, la baja calidad de las aguas es también un problema importante. Según los informes presentados por los estados de la Unión Europea (UE), el estado actual de las aguas es peor de lo previsto.

En España, el porcentaje de masas en riesgo es pequeño no porque estén en buen estado sino porque presenta el mayor porcentaje de datos insuficientes de toda la UE.

Respecto al País Vasco, más de la mitad de las masas de agua de la categoría ríos establecidas en Bizkaia (57%) se encuentran en riesgo medio o alto de incumplimiento de la normativa

comunitaria de calidad de aguas. También, los porcentajes elevados de masas de agua que corren el riesgo de no alcanzar los objetivos previstos, están vinculados a zonas y regiones densamente pobladas en las que se hace un uso intensivo e insostenible del agua.

Más en concreto en La Arboleda, a pesar de tener muchos puntos donde hay agua, el estado ecológico global que se ha evaluado durante años es muy malo, alejándose mucho de los objetivos ambientales establecido por la ley e incumpliendo la normativa vigente.

Los principales factores que influyen en el deterioro de la calidad ecológica son los siguientes: [8]

- Basuras y antiguas infraestructuras mineras.
- Las extracciones de agua.
- La elevada concentración de nitrógeno.
- Presencia de diferentes especies introducidas infestantes.

1.2.3 Regeneración y la reutilización de aguas residuales

Debido a problemática del agua existente, las formas convencionales de obtención de agua son insuficientes e insostenibles para atender a la demanda. El reuso del agua se plantea como fuente alternativa de obtención de agua aquellos usos no requieran calidad de agua potable.

Hoy en día hay muchas tecnologías para la regeneración de las aguas residuales y se pueden obtener afluentes de altas calidades.

En España, debido a la legislación vigente los usos a los que pueden ser destinado el agua regenerada depurada son los siguientes: [1, 9]

1. Usos urbanos:

1. Residencial: jardines privados, descarga aparatos sanitarios.
2. Servicios: zonas verdes, baldeo de calles, extinción incendios, lavado industrial vehículos.

2. Agricultura: Productos de consumo humano en fresco con sistemas que no evita el contacto directo del agua con las partes comestibles; de consumo humano no fresco; pastos para consumo de animales productores leche o carne, acuicultura; cultivos leñosos, ornamentales, no alimentarios, viveros, cereales y semillas oleaginosas.

3. Industrial: Aguas de proceso y limpieza, torres de refrigeración y condensadores evaporativos.

4. Recreativo: Riego campos de golf; estanques, caudales ornamentales con impedido el acceso del público al agua.

5. Medioambiental: Recarga de acuíferos por percolación o por inyección directa; riego de bosques, zonas verdes no accesibles al público, silvicultura; otros usos: humedales, caudales mínimos.

Las calidades exigidas para cada uso se encuentran en el Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, en el Anexo I.A: Criterios de calidad para la reutilización de las aguas según sus usos.

Quedan prohibidas para los siguientes usos:

a) Para el consumo humano.

- Excepción: situaciones de declaración de catástrofe.

b) Para los usos propios de la industria alimentaria.

- Excepción: aguas de proceso y limpieza en condiciones estrictas

c) Para uso en instalaciones hospitalarias y otros usos similares.

d) Para el cultivo de moluscos filtradores en acuicultura.

e) Para uso recreativo como agua de baño.

f) Para el uso en torres de refrigeración y condensadores evaporativos.

- Excepción bajo condiciones estrictas

g) Para el uso en fuentes y láminas ornamentales en espacios públicos o interiores de edificios públicos.

h) Para cualquier otro uso que la autoridad sanitaria considere un riesgo para la salud de las personas.

1.2.4 La industria del golf

La industria del golf en España ha crecido notablemente desde el año 1950. En el año 2017 se registraron 430 campos de golf y un cuarto de millón de jugadores autorizados.

El consumo de agua en los campos de golf es muy grande, un campo de 18 hoyos necesita aproximadamente 0,3 Mm³ / año y por esa razón son necesarias estrategias de diseño construcción y gestión para ser ambientalmente sostenibles.

Muchas administraciones ya obligan a los gestores de campos de golf a regar con fuentes de agua alternativas, siendo la reutilización la principal fuente por la que se opta. Muchos campos de golf ya utilizan esta técnica, por ejemplo, en la Costa del Sol, Málaga, ya existen unos 24 campos de golf regados con agua depurada procedentes de 8 estaciones depuradoras diferentes. [10, 11]

1.3 Descripción de la E.D.A.R. de La Arboleda

La Estación Depuradora de Aguas Residuales fue puesta en marcha en el año 1996. Tiene una superficie total de 1.599 m² de los cuales 168 m² son el edificio de control, 78,5 m² forman parte de la decantación y 180 m² de la aireación.

La red de recogida es unitaria y es capaz de tratar un caudal máximo de 80 m³/h, un caudal medio de 32 m³/h (768 m³/d) y el caudal punta de 64 m³/h. Respecto a los habitantes equivalentes, la instalación está dimensionada para sanear un máximo de 1.965 h.e.

1.3.1 Proceso de tratamiento

Los procesos de tratamiento consisten fundamentalmente en un proceso biológico por fangos activados siguiendo criterios de nitrificación-desnitrificación. La línea de tratamiento es la siguiente:

- **Llegada del agua bruta**

El conducto de llegada es de 400 mm de ancho. El alivio es un by-pass, esta concebido para evitar que fuertes caudales de lluvia alteren el proceso de depuración por arrastre de biomasa.

- **Desbaste**

Está constituido por una reja de gruesos manual de acero inoxidable de 80mm. Después de esta reja de gruesos el agua pasa a una reja de finos automática de paso 6mm con prensa de residuos.

- **Tratamiento Biológico**

Aireación La aireación tiene lugar en un depósito de hormigón de 466 m² con las siguientes dimensiones 10 x 10 x 3,85 m. Tiene una turbina de 18,5 kw. La regulación de la turbina es manual en función de la concentración del oxígeno disuelto existente.

Disnitrificación Se realiza en un depósito de 71,7 m² de 3,2 x 7 x 3,2 metros en ausencia de oxígeno disuelto (anoxia). El depósito de desnitrificación está pegado al de de aireación. La agitación se realiza mediante un agitador de 1,2 Kw de potencia.

● **Decantación Secundaria**

El efluente después de la salida de aireación se conduce al decantador de 78,54 m² cuyo diámetro es de 10 m y 3,88 m de alto.

● **Recirculación de fangos**

La planta tiene dos recirculaciones de fangos, una externa y otra interna. La externa recircula el fango sedimentado en el decantador secundario y se envía al reactor de desnitrificación mediante unas bombas. El interno envía la salida de aireación al reactor de desnitrificación.

● **Purga de Fangos**

El exceso de fangos se extrae mediante bomba instalada en el depósito de recirculación externa. Posteriormente los fangos se conducen al depósito de almacenamiento de 60 m³ los que serán extraídos y acarreados posteriormente a la Planta de Galindo en Sestao mediante camiones cisterna.

● **Dosificación de hipoclorito sódico**

Existe una dosificación de hipoclorito sódico al afluente con una cuba de 1000 l de 1,6 metros de diámetro con 2 bombas dosificadoras de 7,5 l/h a 3,4 bar.

● **Eliminación de olores**

El tratamiento de olores se realiza en el pretratamiento en el interior del edificio central en una cabina mediante filtros de tela y de carbon activo.

● **Salida de agua tratada**

El efluente sale entubado del perímetro de la planta y vierte en una pequeña escollera por la que se reparte al terreno.

A continuación se muestra toda la línea de tratamiento descrita:

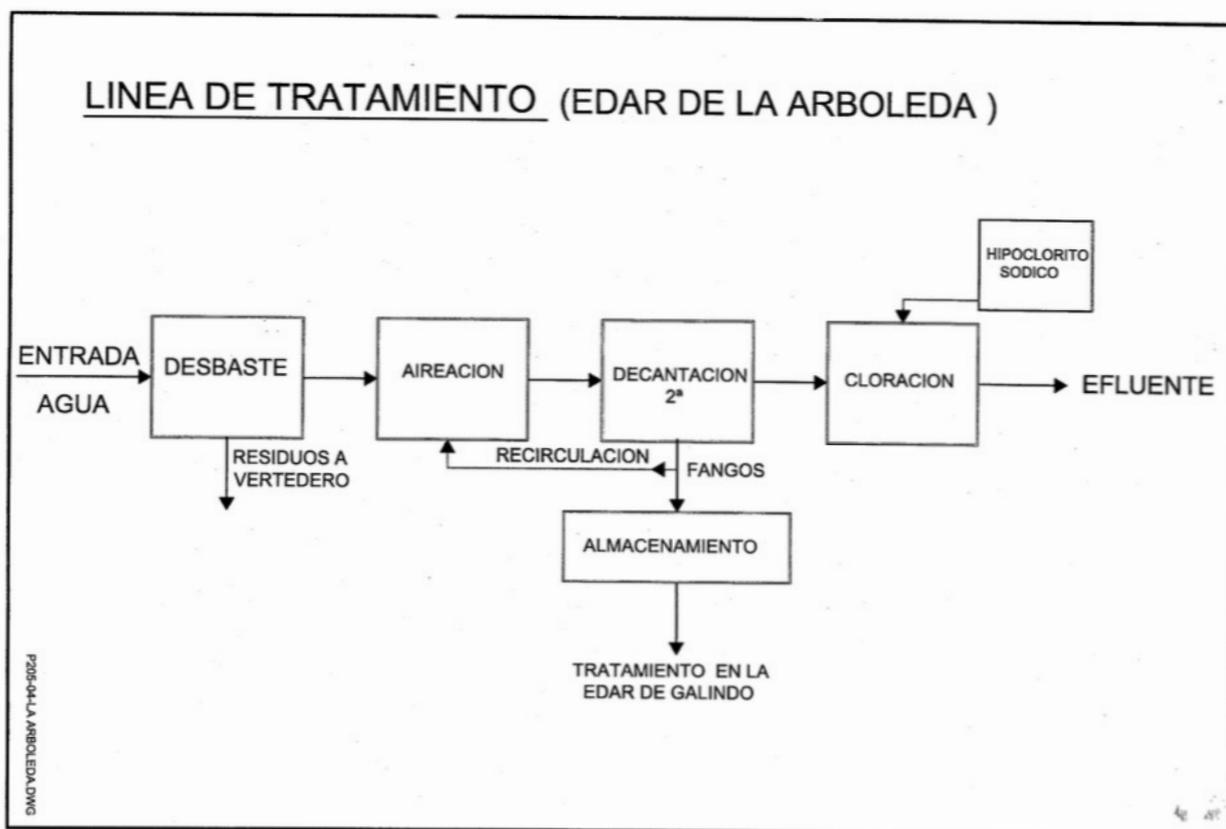


Figura 1: Línea de tratamiento de EDAR de La Arboleda (Fuente: Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia)

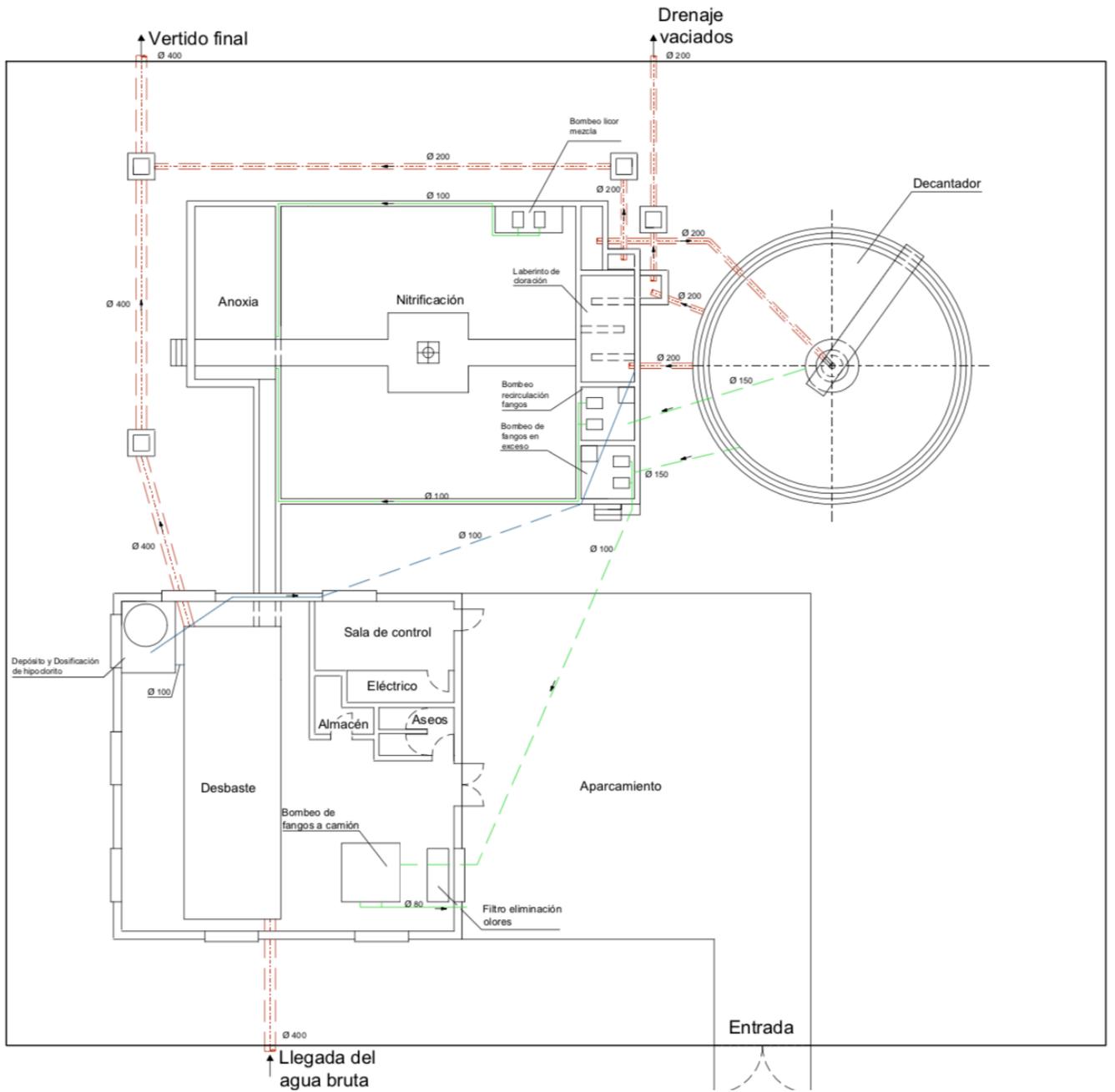


Figura 2: Plano actual de la EDAR de La Arboleda (Fuente: Propia)

1.3.2 Vertidos

Los vertidos originados se deben al efluente final. En la siguiente tabla se recogen los parámetros de Vertido de la EDAR de La Arboleda de la actualidad y los parámetros de acuerdo al Anexo I del 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 (BOE núm. 77, de 29 de marzo de 1996): [12]

Tabla 1: Parámetros de vertido de EDAR de La Arboleda y Legislación vigente de vertido.
(Fuente: Propia basada en Valores proporcionados por el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia y el R. D. 509/1996)

PARÁMETROS	VALORES MEDIOS DEL EFLUENTE DE EDAR LA ARBOLEDA	VALORES LEGISLACIÓN DE VERTIDOS
D.Q.O (mg/L O ₂)	35,4	125
S.S.T (mg/l)	16	60
N.NH ₃ (mg/l N)	0,4	15
P-PO ₄ (mg/l P)	1,7	2

Como se observa en la tabla, los parámetros de salida de la EDAR La Arboleda cumplen sobradamente con la legislación vigente de vertidos.

1.4 Descripción de Meaztegi Golf

El campo de golf está ubicado en La Arboleda (Vizcaya) en la dirección Carretera Triano a La Arboleda, s/n, 48530 Ortuella, Vizcaya. Se encuentra a 2,3 Kms de la EDAR de La Arboleda en coche.

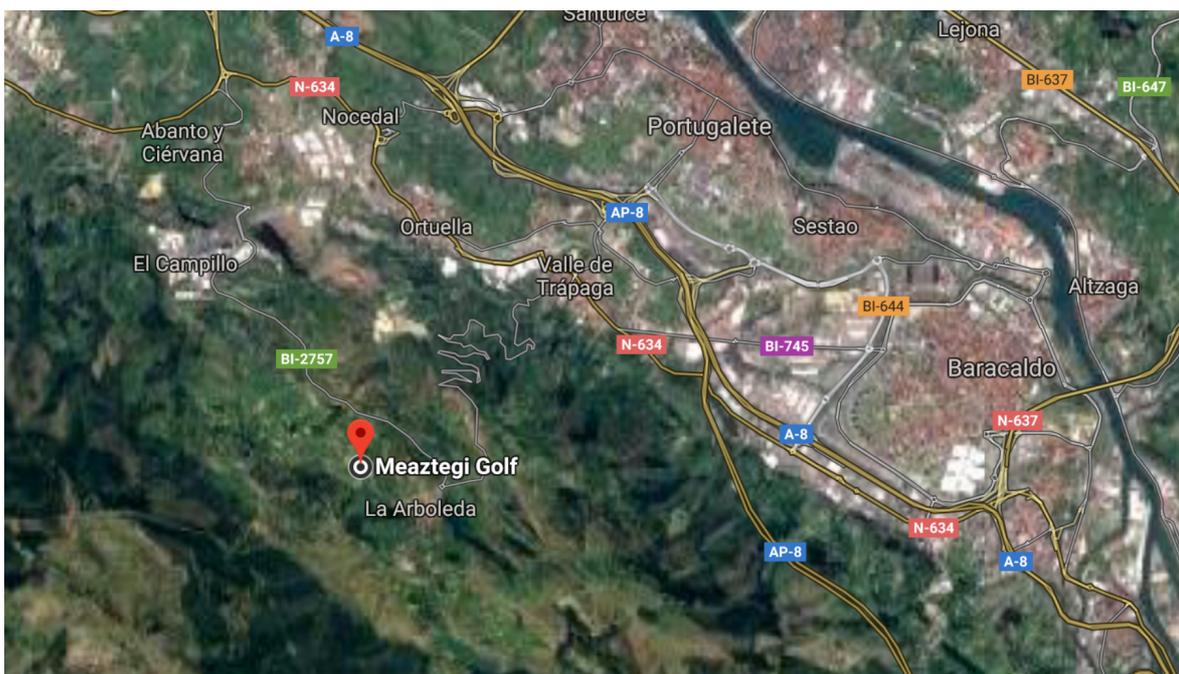


Figura 3: Ubicación Meaztegi Golf (Fuente:Google Maps)



Figura 4: Ubicación Meaztegi Golf y EDAR La Arboleda (Fuente:Google Maps)

Pertenece a la Diputación Foral de Bizkaia pero es gestionada por la empresa URA en cuanto a la gestión del agua y en la gestión más específica para campos de Golf trabaja Global Golf Company. Dispone de 18 hoyos y tiene más de 6 kilómetros de longitud y un campo menor de pitch&putt de 9 hoyos. La superficie total del campo de golf es de 35 hectáreas.

Para el riego cuenta con una presa de capacidad de 90 000 m³ y se realiza mediante aspersión. A pesar de tener esta capacidad, el embalse tiene problemas con filtraciones que le hacen perder el agua y además no se suele encontrar en su totalidad. [13]

Los datos de riego proporcionados por Global Golf Company en un año de media y durante un año seco al mes son los siguientes:

Tabla 2: Necesidad de agua en Campo de Golf Meaztegi en año medio y en año seco (Fuente propia basado en datos de Global Golf Company)

Mes	Necesidad de agua en Meaztegi Golf año MEDIO (m ³)	Necesidad de agua en Meaztegi Golf año SECO(m ³)
Enero	0	0
Febrero	0	2418
Marzo	0	9833
Abril	0	11506
Mayo	4997	29097
Junio	25470	42496
Julio	40703	54062
Agosto	20875	44189
Septiembre	16160	35807
Octubre	0	19364
Noviembre	0	0
Diciembre	0	0
TOTAL AÑO	108206	248772

1.5 Problemática del agua en La Arboleda

Como se ha mencionado anteriormente, el embalse encargado del riego de campo de golf dispone de menos cantidad de agua y está disminuyendo su capacidad en el tiempo. Las dos causas principales por lo que ocurre esto es por el cambio climático y por las filtraciones que existen en el embalse por la mala impermeabilización.

Además, el estado de calidad de las aguas de la zona no es bueno principalmente por las antiguas explotaciones mineras.

2. OBJETIVO Y ALCANCE

El objeto del presente proyecto es la ampliación de la E.D.A.R. de La Arboleda, implantando un sistema terciario que permita la posterior reutilización del agua para el riego del Campo de Golf Meaztegi (Ortuella, Vizcaya).

Para ello será necesario el diseño y dimensionamiento de un sistema terciario y un almacenamiento que sea capaz de alcanzar las calidades exigidas indicadas por la ley vigente, en concreto, por el Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

También se detallan todas las bases técnicas necesarias para la ejecución de las obras ya que se presentará el presente documento como obra completa ante los organismos competentes para su desempeño.

3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La E.D.A.R se encuentra localizada en la Arboleda, localidad perteneciente al municipio de Trápaga, con dirección Barriada Burzano, s/n, 48510- Trapaga. Tiene las siguientes coordenadas: 43°17'21.5"N 3°03'04.5"W, X: 43.289292, Y : -3.051249.



Figura 5: Ubicación de EDAR de La Arboleda (Fuente: Diputación Foral de Bizkaia)

Se accede a ella de la siguiente forma: Se toma la carretera La Arboleda, al pasar el barrio La Reineta se toma la carretera BI-3755 de acceso a la Barriada Burzan. Ahí a la mitad del recorrido se encuentra la señalización de la planta.



Figura 6: Acceso a la entrada de la planta (Fuente: Google Maps)

El sistema terciario se localizará después de la decantación secundaria, en concreto el agua se tomará de la arqueta de salida de este tratamiento que se muestra en la siguiente figura:

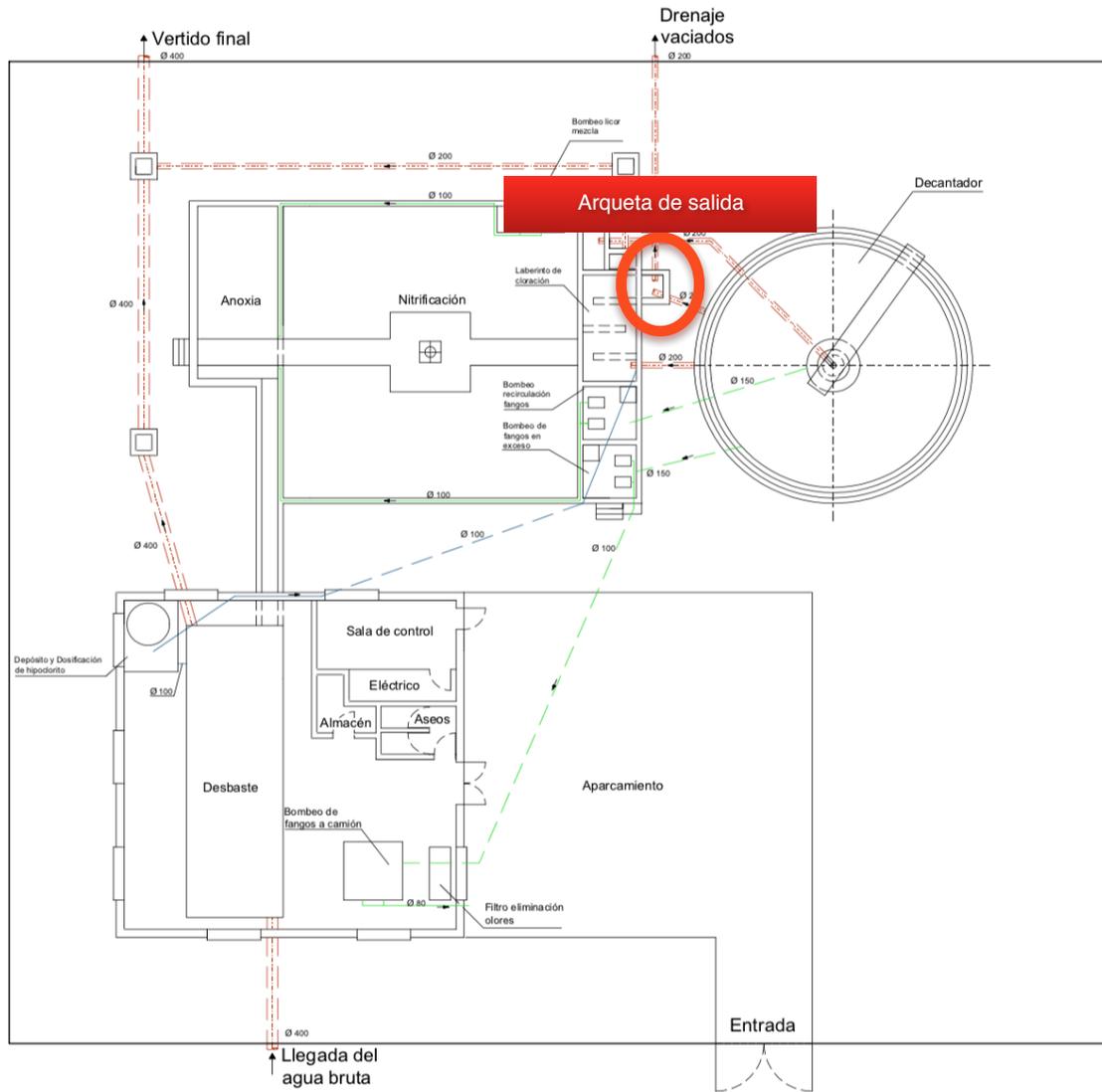


Figura 7: Tratamiento Terciario (Fuente: Propia)

Una vez tomado el agua de la arqueta de salida, se someterá a un bombeo, una filtración, una desinfección y una postdesinfección de mantenimiento. Para terminar se almacenará todo el agua regenerada en los depósitos hasta su demanda.

4. BENEFICIOS QUE APORTA EL TRABAJO

El presente proyecto ofrece los siguientes aspectos positivos:

- El trabajo permite la modernización de la EDAR La arboleda ya que desde su construcción en el año 1996 solo se han realizado trabajos de conservación y mantenimiento.
- El agua de la depuradora, en la actualidad, se vierte al terreno colindante y se desaprovecha por completo. Este proyecto será una forma de utilización del recurso y dar un segundo uso al agua.
- El agua regenerada, contiene altos niveles de nutrientes y aporta una alta calidad de agua en el riego.
- En el Meaztegi golf, al ser necesarios grandes volúmenes de agua, contribuye a una disminución de consumo de agua, ya necesita grandes volúmenes de agua, como se ha expuesto en la Tabla 2. Asimismo, el embalse que cuenta para su riego no se suele encontrar en su totalidad y en la actualidad sufre filtraciones. En consecuencia, el volumen para riego del embalse es decreciente mientras se sigue necesitando la misma cantidad del recurso hídrico, entrando el presente proyecto como fuente nueva de aportación de agua.
- La calidad de las aguas en los embalses de la zona es baja por la antigua explotación minera de la zona y con el nuevo tratamiento terciario se proporcionará más agua y de calidad, para el uso que se destine. [8]
- En caso de que no haya demanda por el campo de golf o el agua sea sobrante, podrá ser utilizada para otros usos de las localidades próximas a la EDAR de la Arboleda.
- El almacenamiento de agua regenerada de la EDAR permite una regulación del agua y es una fuente muy fiable de agua. Los flujos de agua depurada tiene una garantía mayor que las fuentes naturales ya que las fuentes naturales están sujetas a la climatología y al ciclo natural del agua.

Estas consideraciones hacen que la reutilización del efluente depurado sea un instrumento válido y eficaz para lograr una gestión renovada de los recursos hídricos más equilibrada y sostenible, que ponga el énfasis en el ahorro y en la satisfacción de las necesidades

medioambientales. En definitiva, las aguas regeneradas reutilizadas, rentabilizan los procesos de depuración y aportan tecnología y una posición de vanguardia en la gestión racional de los recursos hídricos.

5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

5.1 Estudio de alternativas del tratamiento terciario

Para la reutilización de las aguas será necesario implantar un tratamiento terciario para mejorar la calidad del efluente proveniente del tratamiento secundario. En el tratamiento terciario el objetivo será la eliminación de las sales disueltas, nutrientes, patógenos, materia orgánica refractaria y afinar en la reducción de Sólidos totales en Suspensión según las necesidades según el uso al que se va a destinar. [14]

Los parámetros a tener en cuenta en el estudio, serán los de la EDAR de La arboleda de después del tratamiento secundario que se realiza en la actualidad:

Tabla 3: Parámetros de la EDAR de La Arboleda (Fuente: Propia basada en datos proporcionados por el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia)

PARÁMETROS	VALORES MEDIOS DEL EFLUENTE EDAR LA ARBOLEDA
D.Q.O (mg/L O ₂)	35,4
S.S.T (mg/l)	16
N.NH ₃ (mg/l N)	0,4
P-PO ₄ (mg/l P)	1,7

Aparte de estos valores, habrá que tener en cuenta los parámetros que contempla la legislación de reutilización de aguas. Estos valores son diferentes dependiendo del uso al que va a ser destinado el agua, como se ha mencionado anteriormente. En este proyecto, el uso al que va a ser destinado será el uso recreativo, en concreto para los campos de golf. De acuerdo al Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, en el Anexo I.A: Criterios de calidad para la reutilización de las aguas según sus usos. La calidad requerida para usos recreativos en concreto para los campos de golf es la siguiente:

Tabla 4: Calidad requerida para uso recreativo en campos de golf (Fuente: Propia basado en R. D. 1620/2007)

USO RECREATIVO	Nematodos intestinales	Escherichia Coli	Sólidos en Suspensión	Turbidez
RIEGO DE CAMPO DE GOLF	1 huevo / 10 L	200 UFC/ 100ml	20 mg/L	10 UNT

Para conseguir la calidad exigida por la ley vigente será necesario la correcta elección del sistema terciario adecuado. El sistema terciario tendrá que ser capaz de reducir los nematodos intestinales y la Escherichia Coli, ya que estos parámetros son los que se contemplan en la reutilización del agua y no se indican en la ley de vertidos. Los sólidos totales en suspensión se siguen cumpliendo aun siendo mas restrictiva la de reuso que la de vertidos.

Los sólidos totales en suspensión no requieren ninguna actuación debido a que cumplen sobradamente con los valores requeridos por la legislación de reuso para riego de campos de golf.

En cuanto a la turbidez, el efluente de la EDAR de La Arboleda también cumple con los 10 UNT que la legislación de reuso determina, siendo su valor de 7 UNT.

Tabla 5: Parámetros de vertido de EDAR de La Arboleda, Legislación vigente de vertidos y de reutilización. (Fuente :Propia)

PARÁMETROS	VALORES MEDIOS DEL EFLUENTE EDAR LA ARBOLEDA	VALORES LEGISLACIÓN DE VERTIDOS	VALORES LEGISLACIÓN DE REUTILIZACIÓN
S.S.T (mg/l)	16	60	20
Turbidez (UNT)	7	No se determina	10

Para conseguir disminuir los parámetros mencionados anteriormente, en la actualidad existen diferentes tratamientos para tratar las aguas residuales. En la regeneración de aguas los

principales tratamientos son los físico-químicos, la filtración, la desalación, desinfección y el Biológico.

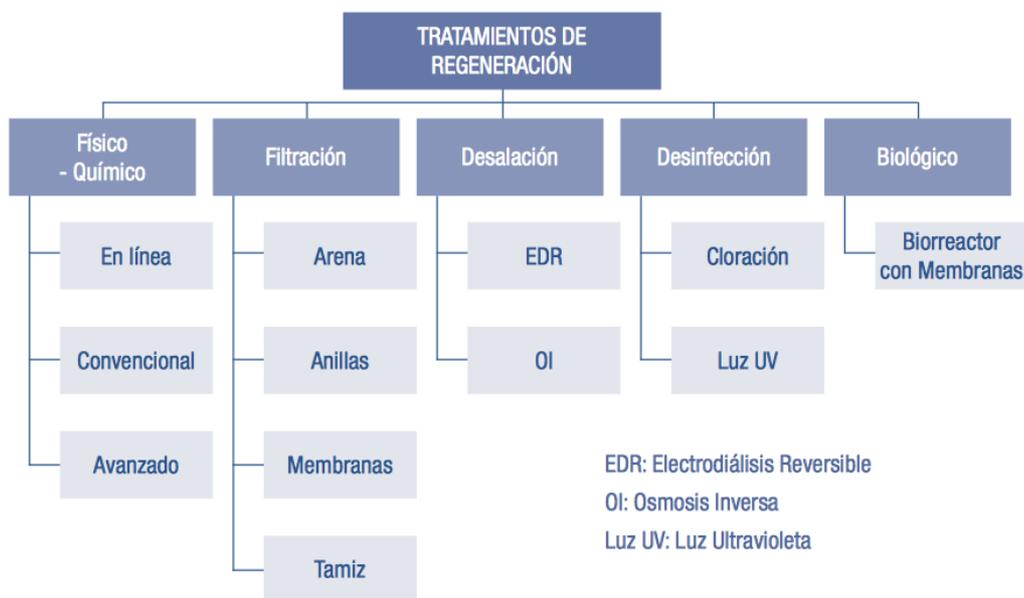


Figura 8: Tecnologías de regeneración más empleadas (Fuente: Guía de aplicación del R.D. 1620/2007 por la que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de Aguas Depuradas)

De acuerdo a la Guía de aplicación del R.D. 1620/2007 por la que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de Aguas Depuradas se han establecido 6 tipos de categorías de Calidad en función de la calidad bacteriológica exigida: [15]

USOS	Tipo de Calidad	<i>Escherichia coli</i> UFC/100 ml	Nematodos	<i>Legionella spp.</i> UFC/100 ml
- Torres de refrigeración y condensadores evaporativos (3.2)	A	Ausencia	Ausencia	Ausencia
- Residenciales (1.1)		Ausencia	< 1 huevo/10L	< 100
- Recarga acuíferos inyección directa (5.2)		Ausencia	< 1 huevo/10L	No se fija límite
- Servicios urbanos (1.2)	B	< 100-200	< 1 huevo/10L	< 100
- Riego agrícola sin restricciones (2.1)				
- Riego campos de golf (4.1)				
- Riego de productos agrícolas que no se consumen frescos.	C	< 1.000	< 1 huevo/10L	No se fija límite
- Riego pastos animales productores.				
- Acuicultura (2.2)				
- Aguas proceso y limpieza industria alimentaria (3.1)	D	< 10.000	< 1 huevo/10L	< 100
- Recarga acuíferos por percolación a través del terreno (5.1)				
- Riego cultivos leñosos, viveros y cultivos industriales (2.3)	E	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite
- Masas agua sin acceso público (4.2)				
- Riego de bosques y zonas verdes no accesible al público (5.3)	F	La calidad se estudiará caso por caso		
- Ambientales: mantenimiento humedales, caudales mínimos (5.4)				

Figura 9: Tipos de calidad según los límites bacteriológicos (Fuente: Guía de aplicación de R.D. 1620/ 2007)

También, según los tipos de calidad recogidos en la tabla anterior se proponen las siguientes líneas de tratamiento:

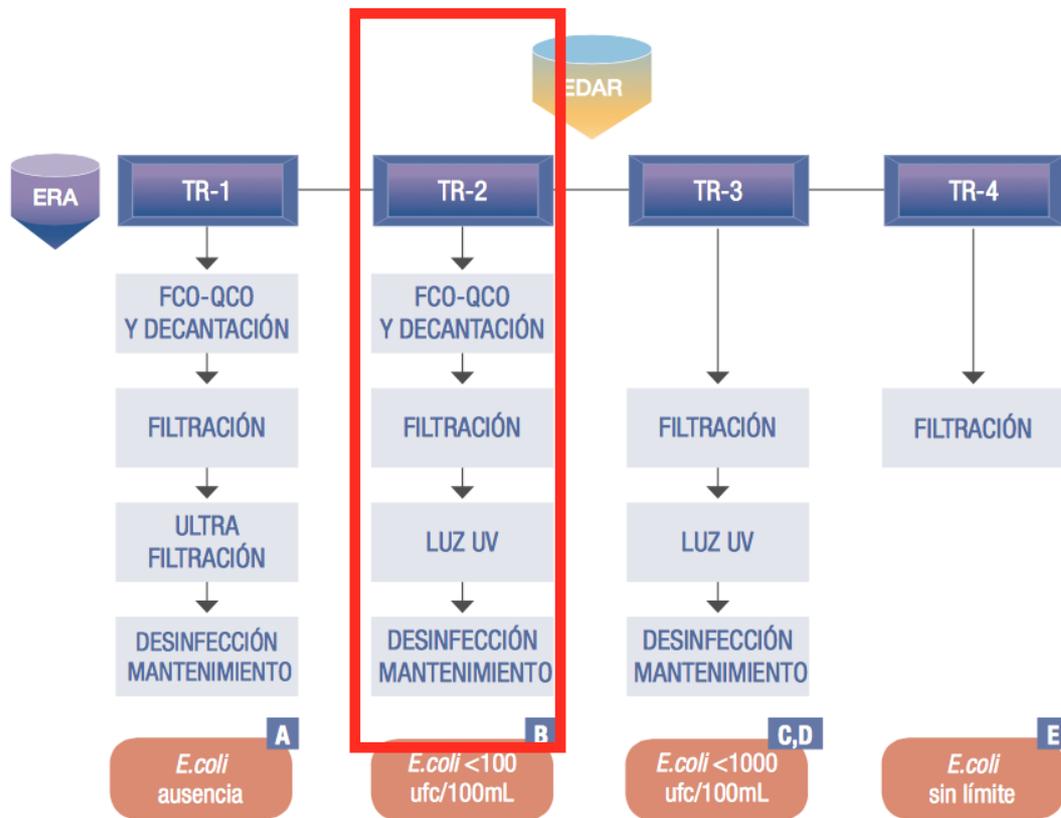


Figura 10: Tratamientos de regeneración sin desalación (Fuente: Guía de aplicación de R.D. 1620/ 2007)

Siendo el riego de campos de golf de tipo de calidad B, la línea de tratamiento recomendado es la número dos (TR2) el que tiene la siguiente línea de tratamiento:

1. Un tratamiento Físico-Químico.
2. Una Filtración.
3. Una desinfección de luz UV.
4. Una desinfección de mantenimiento de hipoclorito de sódico.

Además, se proponen otros tratamientos con desalación y de utilización de membranas para los casos en los que sea necesario eliminar sales del efluente.

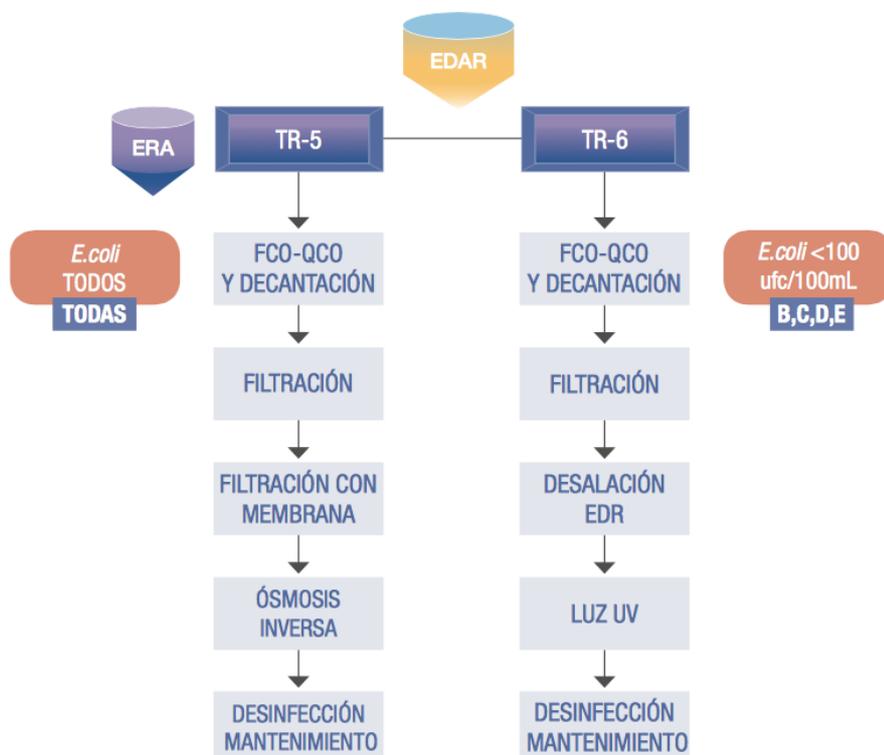


Figura 11: Tratamientos de regeneración con desalación (Fuente: Guía de aplicación de R.D. 1620/ 2007)

En el presente proyecto no es necesaria la eliminación de sales, lo que implica un gran ahorro en el coste del tratamiento de regeneración.

Tabla 6: Costes de instalación y explotación en la regeneración de aguas (Fuente: Prats, 2015)

Proceso de regeneración	Costes de instalación (€/m ³ /día)	Costes de explotación (€/m ³ producido)
Sin desalación	10 – 350	0,05 – 0,15
Con desalación	270 - 700	0,25 – 0,50

Tabla 7: Costes de instalación y explotación en la regeneración de aguas según tratamientos utilizados (Fuente: Prats, 2015)

Tratamiento terciario		Costes de instalación (€/m ³ /día)	Costes de explotación (€/m ³ producido)
Sin desalación	Filtración + Desinfección	63 – 106	0,02 – 0,05
	Físico-químico + Filtración + Desinfección	140 – 245	0,05 – 0,26
Con desalación	Ultrafiltración + Ósmosis Inversa	385 - 610	0,23 – 0,47

Por lo tanto, la línea de tratamiento elegida es la TR-2, que consta de los siguientes tratamientos:

1. Un tratamiento Físico-Químico.
2. Una Filtración.
3. Una desinfección.
4. Una desinfección de mantenimiento de hipoclorito sódico.

A continuación, teniendo en cuenta la anterior línea de tratamiento sin desalación propuesta por la guía, se procede al análisis del tratamiento físico-químico con decantación. El objetivo de este tratamiento es la reducción de sólidos en suspensión. Para nuestro proyecto se descarta este tratamiento debido a que el efluente proveniente del tratamiento secundario cumple con sólidos totales en suspensión como se ha mencionado anteriormente.

Tabla 8: Parámetros de vertido de EDAR de La Arboleda y Legislación vigente de reutilización (Fuente: Propia)

PARÁMETROS	VALORES MEDIOS DEL EFLUENTE (mg/l) EDAR LA ARBOLEDA	VALORES LEGISLACIÓN DE REUTILIZACIÓN (mg/l)
S.S.T	16	20

La filtración, se utiliza para afinar los parámetros físico-químicos provenientes de la primera fase y para reducir los nematodos intestinales. Debido a que se desconocen los nematodos intestinales que hay en el agua residual y no hay filtración en los tratamientos que se realizan en la planta, se ve necesario el filtrado para garantizar el cumplimiento de la ley y mejorar los parámetros físico-químicos. Además, la mejora de éstos, ayuda a la efectividad de algunos tratamientos de desinfección. Posterior a la filtración, será necesaria una desinfección final para la reducción de la Escherichia coli.

Una vez descartado el tratamiento físico-químico, se estudian las alternativas de la filtración y de la desinfección. Tras consultar diferentes fuentes de información se han separado en los dos tipos más utilizados en la actualidad en EDARs. Primero se citan los dos tipos y en segundo lugar se estudiarán cada tipo de forma individual y de forma conjunta: [16]

A) Filtros:

- Filtros de arena
- Filtros de anillas
- Filtros de discos de malla
- Membranas

B) Desinfecciones:

- Cloración
- Ozonización
- Radiación Ultravioleta (UV)
- Radiación Ultravioleta (UV)+ Cloración
- Ácido Peracético (APA)
- Ácido Peracético más Radiación ultravioleta (APA+UV)

Existen otros tipos de técnicas tanto de filtración como de desinfección, pero se descartan por ser menos utilizados en las plantas de tratamiento de reutilización de aguas y aumentar los costes de adquisición y de explotación.

5.2 Filtros

● Filtros de Arena

Los filtros de arena consisten en el paso de agua a través de un lecho de arena u otro material donde se retiene las partículas suspendidas y pasa el agua clarificada. En la actualidad existen diferentes tipos filtros de arena: los de gravedad, los de presión y los de lavado continuo.

Los tres tipos son tanques rellenos de arena grava o partículas de vidrio o de otros materiales.

Los sistemas más utilizados en la actualidad emplean más de un medio filtrante. [17 -19]

En los de gravedad, el tanque es de hormigón y en los otros dos tipos metálico. La filtración se produce cuando el agua atraviesa el lecho filtrante. La velocidad de filtración debe de ser de 3 a 15 m/h, depende siempre del tipo de filtro de arena que se utilice y será más lenta cuanto más sucia este el agua entrante. [20, 21]



Figura 12: Filtro de Arena de Gravedad (Fuente: Esmotec)



Figura 13: Filtro de Arena a presión (Fuente: Filtromatic)

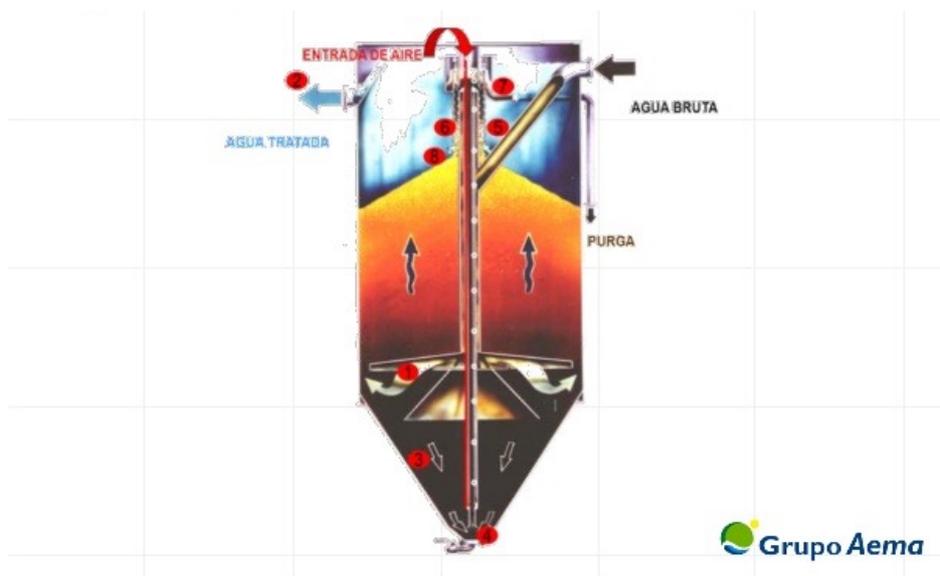


Figura 14: Filtro de Arena de lavado continuo (Fuente: Grupo Aema)

● **Filtros de anillas**

Los filtros de anillas son capaces de retener materia orgánica e inorgánica. La superficie filtrante esta formada por unos discos de plástico que contienen unas ranuras. Los discos están colocados unos contra otros de forma comprimida en un cartucho. El grado de filtración dependerá de las ranuras de los huecos de los discos que se coloquen y suelen diseñarse para un paso de 20 a 100 μm . La velocidad de filtrado en éstos es de 2,5 m/h. Estos filtros no son muy utilizados en España y precisan un tamizado previo y una desinfección para que no haya crecimientos bacterianos. El coste de implantación es mucho mayor a los demás tratamientos de filtración por lo que se suele optar por los otros filtros. [22,23]



Figura 15: Filtro de anillas (Fuente: Lama filtration systems)

● **Filtros de discos de malla**

Estos filtros contienen una malla filtrante la cual tiene unos discos divididos en sectores y montados sobre un eje giratorio horizontal. Los discos se sumergen parcialmente, aproximadamente de 60 a 65%. Suelen disecarse para un paso de 10 a 30 μm y tienen una velocidad de filtración de 7 a 10 m/h. Suelen utilizarse mucho en el reuso de aguas y tienen como principal ventaja la mínima obra civil. [22,24]

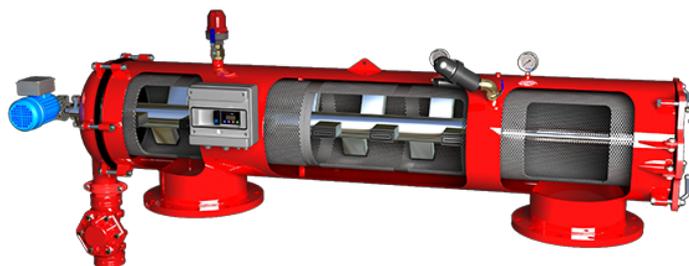


Figura 16: Filtro de anillas (Fuente: Lama filtration systems)

● Membranas

Esta tecnología consiste en un filtro de superficie que tiene una estructura microporosa precisa. Durante la filtración las partículas mayores que los poros de la membrana son retenidas de forma fiable en la superficie de la misma. Las partículas más pequeñas pueden pasar el filtro. Se seleccionará el tamaño del poro en función de las partículas que se deseen retener en él. Este tratamiento principalmente reduce los sólidos en suspensión y microorganismos del agua a tratar.

Hay diferentes tipos de membrana y dependen del tamaño del poro de la membrana, en la siguiente tabla se exponen los tipos de membranas y sus principales características en la imagen los tipos de membranas en función de los microorganismos y partículas que retienen. [25 -27]

Tabla 9: Membranas (Fuente: Osorio Robles Francisco, Torres Rojo Juan Carlos, Sánchez Bas Mercedes y Colaboradores. “Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes”.)

	Ósmosis inversa	Nanofiltración	Ultrafiltración	Microfiltración
Membranas	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica	Simétrica. Asimétrica
Grueso	150 mm	150 mm	150-250 mm	10-150 mm
Capa superficial	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
Tamaño de poro	0,002 mm	0,002 mm	0,05-0,2 mm	0,2-5 mm
Rechazos	HMWC LMWC Cloruro Sodio, glucosa Aminoácidos Proteínas	HMWC, mono, di y oligo-sacáridos, aniones polivalentes	Macromoléculas. Proteínas, polisacáridos y virus	Partículas barro, bacterias
Materiales de membrana	CA capa delgada	CA capa delgada	Cerámica, PSO, CA, PVDF, capa delgada	Cerámica, Pp, PSO, PVDF
Módulo de membrana	Tubular, enrollada en espiral y planas	Tubular, enrollada en espiral y planas	Tubular, enrollada en espiral, de fibra hueca y planas	Tubular, fibra hueca y planas
Presión	15-150 bars	5-35 bars	1-10 bars	2 bars

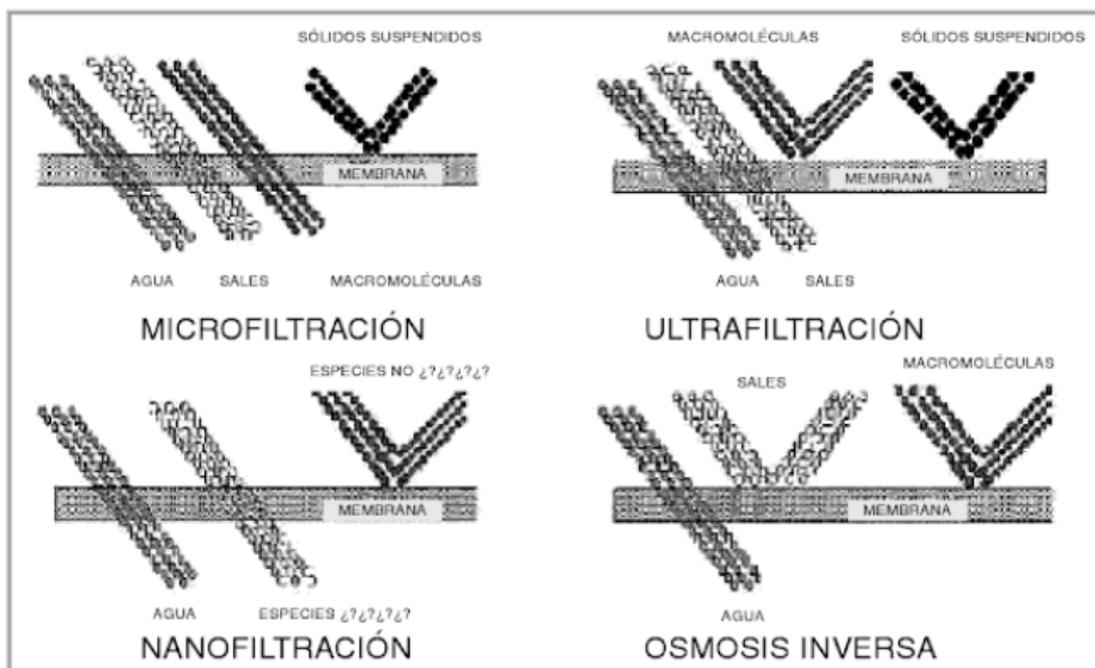


Figura 17: Tipos de membranas

(Fuente: Osorio Robles Francisco, Torres Rojo Juan Carlos, Sánchez Bas Mercedes y Colaboradores. “Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes”.)

Los materiales de los que están compuestas las membranas son poliméricos o cerámicos. Las cerámicas tiene mayor estabilidad general (mecánica, química y térmica) pero son muy frágiles, por ello, se suelen utilizar las poliméricas en la actualidad. [26]

Una vez descritas las tres formas de filtración, se expone la siguiente tabla con el rendimiento de distintas tecnologías:

Tabla 10: Rendimiento de tecnologías de filtración. (Fuente: Propia basado en Apuntes de UPM de Asignatura Sistemas de Abastecimiento y Saneamiento)

Tipos de Filtro	Reducción SS (%)	Reducción turbidez (%)	Reducción E. Coli (ud.log.)
De Arena			
-De gravedad	60-80	30-50	< 1
-A presión	60-80	30-50	< 1
-De lavado continuo	80-85	85-95	1-2

MEMORIA DESCRIPTIVA

Tipos de Filtro	Reducción SS (%)	Reducción turbidez (%)	Reducción E. Coli (ud.log.)
Anillas	20-30	20-30	< 1
Mallas	40-50	30-50	< 1
Membranas	90-95	96-98	3-4

5.3 Desinfección

● Cloración

Este método es el más utilizado para la desinfección. Se basa en añadir cloro, o uno de sus derivados, destruyendo así los organismos al ser inactivos mediante la oxidación de la materia celular. El cloro puede ser utilizado en muchas formas por ejemplo el gas de cloro y soluciones de hipoclorito. La eficiencia de este desinfectante depende principalmente de la concentración de cloro y del tiempo que este en contacto. [16, 28]

Ventajas

- Es una técnica muy conocida y bien establecida.
- Es más barato que la radiación UV o la desinfección de ozono.
- Permite un control fácil de su dosificación y es muy soluble y fácil de aplicar.
- Elimina olores molestos durante la desinfección.
- Deja una concentración en el agua que no es dañina para el hombre y protege el sistema de distribución. Permanece en el efluente prolongando su efecto de desinfección después del tratamiento.

Desventajas

- Todas las formas de cloro son tóxicas y corrosivas. Por ellos será necesario tenerlo en cuenta en su almacenamiento, transporte y en el manejo.
- El cloro oxida algunos materiales orgánicos del agua residual. Genera compuestos peligrosos como los metanos trihalogenados. Por lo tanto, requerirá un control en su dosificación y concentración para prevenir estos problemas.
- Incrementa el nivel total de los sólidos disueltos en el efluente.



Figura 18: Tanque de Cloración (Fuente: iAgua)

● Ozonización

El gas de ozono es un desinfectante muy fuerte, es un oxidante muy fuerte que se obtiene al someter el gas de oxígeno a una corriente eléctrica de alto voltaje (de 6 a 20 kilovoltios). [26,30,31]

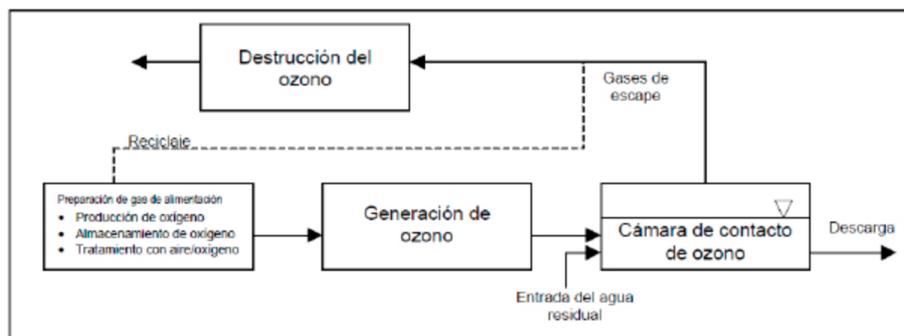


Figura 19: Proceso de Ozonización (Fuente: ISA Ingeniería y Servicios Ambientales)

La eficiencia que afecta a la desinfección es la susceptibilidad de los organismos tratados, del tiempo de contacto, la mezcla agua-ozono y la concentración de ozono.

Ventajas

- El ozono es más eficaz que el cloro como desinfectante y destructor de virus. También elimina olor y sabor.
- Necesita poco tiempo de contacto (de 10 a 30 minutos aproximadamente).
- No existen residuos peligrosos que necesiten ser removidos en el proceso.
- El ozono se realiza en la propia planta por lo tanto no hay problema envío y transporte del desinfectante.
- La dosis de ozono en desinfección es pequeña de 0,5 a 4 mg/l.

Desventajas

- Una baja dosificación puede no desactivar todos los virus.
- El proceso de ozonización es una técnica mas compleja que la cloración o la de luz ultravioleta y se requieren equipos complicados.

- Es muy corrosivo y reactivo. Necesita materiales resistentes a la corrosión como por ejemplo el acero inoxidable.
- El proceso de ozonización es caro para las aguas residuales con altas concentraciones de sólidos suspendidos (SS), demanda bioquímica del oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno, o carbono orgánico total.
- El costo del tratamiento puede ser alto en cuanto a las tecnologías requeridas y la demanda de energía eléctrica.

● Rayos UV

El sistema de desinfección de luz ultravioleta (UV) genera una descarga eléctrica por el vapor de mercurio, penetra en un material genético y retarda su habilidad de reproducción. Se basa en la transferencia electromagnética desde una lámpara de vapor de mercurio al material genético de organismo. Cuando los rayos UV pasan por las paredes de la célula destruye la reproducción de la célula. [26, 31]

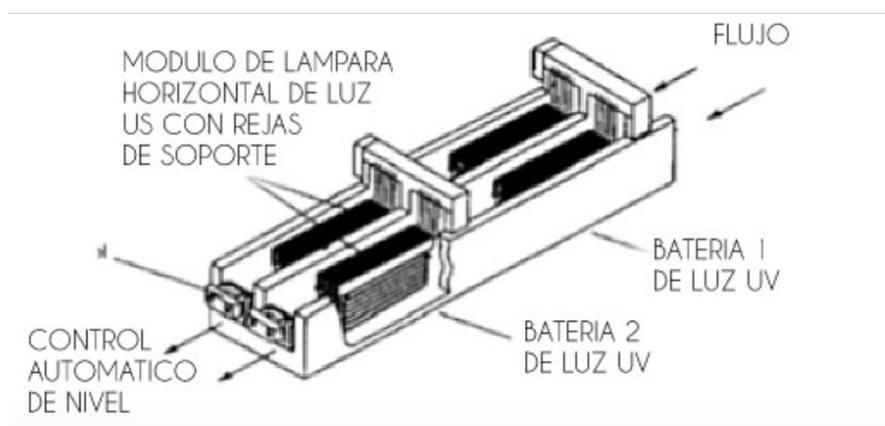


Figura 20: Proceso de Rayos UV (Fuente: ISA Ingeniería y Servicios Ambientales)

La eficacia de este sistema de desinfección depende de las propiedades del agua a tratar, la intensidad de luz de radiación, el tiempo de exposición a la radiación.

Ventajas

- Es eficaz para la desactivación de la mayoría de los virus.
- La desinfección con luz UV no genera, maneja, transporta o almacena productos químicos tóxicos, peligrosos o corrosivos.
- No existe ningún efecto residual que pueda afectar a los seres humanos o cualquier organismo acuático.
- Es de uso muy fácil para los operadores de la planta.
- Tiene el período de contacto más corto en comparación con la ozonización y cloración (aproximadamente de 20 a 30 segundos con la utilización de las lámparas de baja presión).
- El equipo de desinfección con luz UV requiere muy poco espacio.

Desventajas:

- La baja dosificación puede no desactivar efectivamente algunos virus.
- Es necesario el control de acumulación de sonidos en la parte externa de los tubos de luz.
- La turbidez y los sólidos suspendidos totales (SST) en el agua hacen que esta desinfección sea ineficaz. En los efluentes secundarios con niveles de SST mayores a 30 mg/L no es tan efectiva este método.
- No es tan económica como la desinfección con cloro, pero los costos son competitivos cuando la cloración requiere descloración y la prevención con incendios.

● Rayos UV + Cloración

Este tratamiento consiste en una radiación UV, como se ha explicado anteriormente, con una cloración. La mezcla de estos dos tratamientos tiene como beneficio que los rayos UV elimina compuestos organoclorados que pueden formar con cloro.

● Ácido peracético (APA)

El ácido peracético tiene muy buenas propiedades oxidantes debido a la serie de reacciones que tienen lugar durante su descomposición y que conducen a la formación final de ácido acético, oxígeno y peróxido de hidrógeno. Es un método muy utilizado en la industria farmacéutica y en el sector de la salud. [26]

Ventajas

- La eficiencia desinfectante es muy buena para todos los indicadores.
- No produce subproductos o si lo hace, lo hace en muy baja cantidad.

Desventajas

- El efecto del tiempo de contacto es mucho mayor cuanto menores son las dosis empleadas.
- La desinfección en el caso de las bacterias totales heterotróficas es mucho menor.
- Disminuye su presencia con el tiempo.
- El proceso está completamente expuesto a la luz solar, lo que conlleva la proliferación de plantas y algas y a una alta retención de sólidos que quedan en las paredes.

● **Ácido peracético y radiación ultravioleta (APA y UV)**

Este método es la combinación de los dos métodos anteriores de radiación ultravioleta y ácido peracético para así obtener una mayor reducción de los microorganismos a tratar en el agua residual. Para que el tratamiento sea más efectivo se debe introducir el APA antes que la radiación ultravioleta, se ha comprobado que los resultados son mucho mejores. [26, 31]

Ventajas

- La eficiencia desinfectante es muy buena y mayor que la del ácido peracético solo.

Desventajas

- El efecto del tiempo de contacto es mucho mayor cuanto menores son las dosis empleadas.
- La desinfección en el caso de las bacterias totales heterotróficas es mucho menor.
- Método poco utilizado.

5.4 Análisis de alternativas del tratamiento terciario

Una vez expuestas y descritas las opciones de filtración y desinfección, se va a proceder al análisis de alternativas y a la elección del tratamiento a implantar en la EDAR de La Arboleda.

Para el presente proyecto, se ha optado por el análisis de alternativas mediante método multicriterio. Este método se utiliza cuando además del criterio económico hay que tener otros criterios en cuenta. [33]

Para ello partiremos de la base de que el proyecto es viable técnicamente y económicamente y que además cumplir la legislación vigente, siempre priorizando la opción económica más favorable.

Teniendo en cuenta los parámetros del efluente expuestos en la Tabla 3 y los de la normativa vigente de reutilización expuestos en Tabla 4 del presente documento, se realiza una primera criba en los métodos de filtración y desinfección planteados.

En la **filtración**, se descartan los filtros por membranas ya que encarece mucho el tratamiento y, en este caso, se cumple con las exigencias de la legislación con otros filtros más baratos. También se descarta la filtración por anillas ya que su implantación es muy costosa. Es el método más caro de todos (después del de membranas) porque requiere un tamizado previo. Además no es un método que se utilice en la actualidad en este tipo de usos. La filtración por arena se descarta por necesidad de una gran superficie del filtrado y el espacio del que se dispone en la planta es reducido. Además, según las fuentes consultadas, este método no se utiliza en el reuso.

Por lo tanto, al excluirse todas las demás posibilidades, la filtración elegida es la de malla.

En la **desinfección**, se excluye la ozonización por ser rentable únicamente en plantas de tratamiento de grandes dimensiones y muy grandes caudales de entrada y por tener un coste de adquisición y mantenimiento muy elevado.

Por todo lo mencionado anteriormente, serán objetivo de estudio la desinfección mediante rayos ultravioleta y el APA.

Una vez descartados todos estos se fijan los factores más importantes para utilizar el método multicriterio. Estos son: la permanencia en el agua, la capacidad de destrucción de microorganismo, la rapidez de actuación, el coste y la facilidad de manipulación, almacenamiento y mantenimiento.

La ponderación de cada factor aparece en la siguiente tabla:

Tabla 11: Ponderación de factores principales (Fuente: Propia)

FACTORES	PONDERACIÓN (%)
Permanencia en el agua	30
Capacidad de destrucción de microorganismos	20
Rapidez de actuación	15
Facilidad de manipulación, almacenamiento y mantenimiento	15
Coste	20

Permanencia en el agua 30% Es un valor fundamental en la reutilización de agua ya que en aguas regeneradas es de gran importancia la fiabilidad del proceso. El reuso suele llevar en muchos casos la posibilidad de un contacto directo con personas, animales o plantas y puede verse afectado a su salud y desarrollo de los seres vivos, por ello es importante que el tratamiento perdure en el tiempo, desde que sale de la depuradora hasta su uso final.

Capacidad de destrucción de microorganismos 20% Cobra una gran importancia ya que como se explica en toda la memoria, para el reuso es necesario el cumplimiento de la ley vigente y la reducción de los parámetros físicos, químicos y biológicos para su estricto cumplimiento y para poder llevar a cabo una reutilización del agua tratada.

Rapidez de actuación 15% La rapidez de actuación de la desinfección y filtración varía dependiendo del método que se utilice. En algunos métodos el tiempo de contacto es más corto mientras en otros será mayor, por lo tanto será de especial interés tenerlos en cuenta y que el tiempo que se retenga sea el menor y que se tenga un buen suministro cuando el agua se necesite.

Facilidad de manipulación, almacenamiento y mantenimiento 15% En este apartado, se tendrá en cuenta que la explotación sea fácil y el almacenamiento de los procesos a elegir. También se tendrán en cuenta todas las labores de mantenimiento que puedan surgir en la explotación; manipulación de contaminantes, reparación en los procesos...Se tratará de cumplir con los caudales necesarios para la reutilización y que no haya tiempos de parada de las máquinas.

Coste 20% Por último, se tendrá en cuenta el coste económico ya que siempre es de gran importancia que los procesos que se hagan además de satisfacer las necesidades finales de los usuarios sean económicamente rentables y que no sean demasiado caros, se procura no derrochar el dinero por provenir de fondos públicos.

Una vez delimitados los factores principales y los porcentajes de ponderación resultan estas 3 alternativas. En primer lugar se mencionaran y posteriormente se puntuarán según los factores establecidos :

- 1) Filtración de malla+ UV+Cloración
- 2) Filtración de malla+APA+Cloración.
- 3) Filtración de malla+APA+UV+Cloración.

En todas las opciones se contempla una cloración final, esto se realiza ya que en el reuso del agua es necesaria la fiabilidad en el tiempo del agua como se ha mencionado previamente. Por lo tanto, para mantener su calidad hasta el uso final se opta por una cloración de mantenimiento.

Teniendo en cuenta todas las características explicadas en cada proceso en el análisis de alternativas del presente documento de la memoria, se le dará una puntuación de 0 a 10 a cada alternativa y a cada factor como se muestra en la siguiente tabla, siendo 0 el mínimo y 10 el máximo:

Tabla 12: Valoración de factores principales (Fuente: Propia)

FACTORES	Filtro Malla + UV+Cloración	Filtro Malla +APA +Cloración	Filtro Malla +APA+UV +Cloración
Permanencia en el agua	8	8	9
Capacidad de destrucción de microorganismos	9	8	9
Rapidez de actuación	9	8	7
Facilidad de manipulación, almacenamiento y mantenimiento	9	8	7
Coste	5	4	3

Una vez valorados los factores principales y fijados los porcentajes de ponderación se calculan la suma ponderada y el valor técnico ponderado con las siguientes fórmulas. [33]

- Suma ponderada:

$$SP(\text{alternativa } _i) = \sum_{j=1}^n p_j x_{ij}$$

- Valor técnico ponderado:

$$VTP(\text{alternativa } _i) = \frac{\sum_{j=1}^n p_j x_{ij}}{x_{\max} \sum_{j=1}^n p_j}$$

Los resultados se indican en la siguiente tabla:

Tabla 13: Evaluación mediante Valor Técnico Ponderado (Fuente: Propia)

FACTORES	Peso (%)	Filtro Malla + UV+Cloración	Filtro Malla +APA +Cloración	Filtro Malla +APA+UV +Cloración
Permanencia en el agua	30	8	8	9
Capacidad de destrucción de microorganismos	20	9	8	9
Rapidez de actuación	15	9	8	7
Facilidad de manipulación,almacenamiento y mantenimiento	15	9	8	7
Coste	30	5	4	3
Suma ponderada		960	760	750
Valor técnico ponderado		0,960	0,760	0,750

De acuerdo a la tabla anterior, la alternativa más adecuada es la que mayor número tenga, eso es la primera es la alternativa de Filtro de Malla+ UV+ Cloración.

Ahora se calculará mediante la suma ponderada con rangos cuya fórmulas es: [33]

$$q_i = \sum_{j=1}^n \left(\frac{r_{ij}}{p_j} \right)$$

En este estudio de alternativas se ordenan las alternativas en cada factor de 1 al 3. Siendo el 1 la mejor opción en la categoría y el 3 la peor.

A continuación se muestran los resultados en la siguiente tabla:

Tabla 14: Evaluación mediante la suma ponderada de rangos (Fuente: Propia)

FACTORES	Peso (%)	Filtro Malla + UV+Cloración	Filtro Malla +APA +Cloración	Filtro Malla +APA+UV +Cloración
Permanencia en el agua	30	2	3	1
Capacidad de destrucción de microorganismos	20	2	3	1
Rapidez de actuación	15	1	3	2
Facilidad de manipulación,almacenamiento y mantenimiento	15	1	2	3
Coste	30	1	2	3
Suma ponderada de rangos		0,33	0,65	0,55

En este método el valor mas adecuado es el mínimo valor de los obtenidos por ello el más adecuado vuelve a ser la primera opción que esta constituida por una filtración de arena, rayos UV y una cloración final.

Mediante los dos métodos se ha obtenido la misma solución por lo tanto la línea de tratamiento del presente proyecto es la primera alternativa. Para esta alternativa se diseñara y se dimensionará el nuevo tratamiento terciario de la EDAR de La Arboleda.



Figura 21: Línea de tratamiento elegida (Fuente: Propia)

5.5 Otros estudios de alternativas

A pesar de ser lo principal del proyecto el dimensionamiento del tratamiento terciario y su estudio de alternativas mencionado en el apartado anterior, se va a proceder a analizar, en menor orden, las alternativas respecto a otras partes del proyecto también importantes para garantizar el correcto funcionamiento del tratamiento y la fiabilidad de la reutilización.

Por una parte, se analizará las opciones de la impulsión inicial, elemento clave para mantener la presión y cota suficiente en toda la red del tratamiento terciario hasta el almacenamiento del agua.

Por otra parte, se estudiará los depósitos de agua regenerada del proyecto, elementos que preservan la acumulación del agua regenerada, manteniéndola con la calidad exigida hasta su demanda.

5.5.1 Estudio de alternativas de la impulsión

El bombeo inicial del tratamiento terciario tiene como objetivo garantizar la cota y presión en toda la red del nuevo tratamiento de la EDAR de La Arboleda. En el mercado actual existen muchos tipos de elementos de impulsión pero los más empleados habitualmente en aguas residuales son los siguientes: [34]

- Bombas de Tornillos.
- Bombas de hélice de flujo axial.
- Bombas centrífugas.

Se procede a la explicación de cada tipo con el fin de justificar la elegida en el presente proyecto: [34-36]

• **Bombas de Tornillos.**

Las bombas de tornillos son bombas de desplazamiento positivo. En ellas se cede energía de presión al fluido mediante volúmenes confinados. Se produce un llenado y vaciado periódico de una serie de cámaras, produciéndose el trasiego de cantidades discretas de fluido desde la aspiración hasta la impulsión.

Se basan en el principio del tornillo de Arquímedes, el cual consiste en un eje giratorio inclinado que lleva ensamblado una serie de chapas formando una superficie helicoidal que produce una elevación del fluido en su movimiento de rotación.

Estas bombas presentan dos ventajas sobre las bombas centrífugas en el bombeo de aguas residuales: utilizan sólidos de gran tamaño sin que por ello se atasquen y funcionan con velocidad constante para un rango amplio de caudales y consiguen buenos rendimientos.

Pueden tener tamaños desde 0.3 a 3 metros de diámetro exterior y sus capacidades oscilan desde 0.01 a 3.2 m³/s. Las bombas de tornillo están inclinadas un ángulo normalizado de 30° a 38°. Cuanto menor ángulo la bomba tiene mayor capacidad pero ocupa más espacio.

Puede elevar hasta 7 metros de altura y tiene rendimientos del 80%.

Como principal desventaja es el gran espacio que necesitan y que no aportan presión al fluido, solo lo elevan de la altura geométrica. Además, se destaca su uso en el bombeo de aguas residual a baja altura, fangos de retorno o efluentes tratados. [34-36]

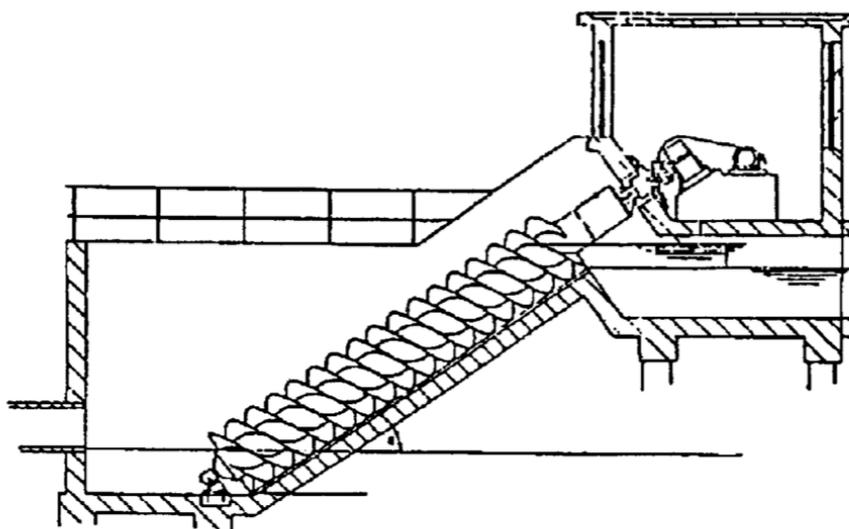


Figura 22: Bomba de tornillos (Fuente: Hidrometálica)

- **Bombas de hélice de flujo axial.**

Las bombas de flujo axial se emplean para bombear grandes caudales a poca altura y son más baratas que las bombas de flujo radial o mixto.

Con frecuencia se emplean para el bombeo del efluente tratado de una estación depuradora o aguas pluviales sometidas a un desbaste previo. No deben utilizarse para bombear agua residuales sin tratar.

Su disposición es vertical, lo que es beneficioso para su ubicación y reduce la superficie en la que se encuentra frente a las anteriores. Sin embargo, los flujos poco uniformes afectan a su funcionamiento y a su rendimiento. [34, 35, 37]



Figura 23: Bomba de hélice (Fuente:Flygt bombas)

- **Bombas centrífugas.**

Es una turbobomba que cede energía al fluido mediante la variación del momento cinético producido en el impulsor o rodete. La dirección del flujo a la salida del rodete tiene dirección perpendicular al eje. Son las más utilizadas en las aguas residuales y existen desde equipos para caudales muy pequeños hasta muy grandes, esto es, sirven para una amplia gama de caudales. Pueden ser horizontales y verticales, pudiéndolas adaptar al lugar en el que se coloquen. Pueden trabajar sumergidas o en seco pero normalmente se disponen sumergidas en un pozo de bombeo. Como desventaja principal es que el flujo de llegada no puede ser

turbulento y dependiendo del tipo de bomba aceptara menor o mayor capacidad de sólidos en suspensión.



Figura 24: Bomba centrífuga vertical y horizontal (Fuente:Sulzer ABS)

Teniendo descritas los tres tipos de bombas más importantes del mercado, se han descartado las de tornillo de arquímedes por ocupar grandes espacios y por no aportar presión al flujo, condición necesaria para el funcionamiento de las máquinas filtración y rayos UV.

Entre las dos restantes ,se ha optado por escoger las bombas centrífugas, por adaptarse mejor al caudal, ya que las de hélice requieren mayores de caudales para su correcto funcionamiento.

En conclusión, las bombas elegidas en el presente proyecto serán las centrífugas cuyas características se explicarán posteriormente en la descripción del proyecto de forma más detallada.

5.5.2 Estudio de alternativas del depósito de agua regenerada

Los depósitos de agua regenerada tendrán como finalidad contener el agua. Deberán ser impermeables, aptos para regular el caudal, dar seguridad al abastecimiento de este agua residual regenerada y garantizar el mantenimiento de la calidad del agua.

Todo esto dependerá del tipo de depósito que se utilice. En la actualidad existen muchos tipos de almacenamiento, pero los principales son los abiertos y los cerrados.

Así, en el almacenamiento de aguas regeneradas, se pueden instalar depósitos (cerrados) o balsas (abiertos), influyendo en gran medida en la degradación de dicha agua. En la siguiente tabla se muestran las categorías de los problemas de degradación de la calidad del agua dependiendo si el sistema es abierto o cerrado. Se marcan con una “X” si el riesgo es menor y con “XX” si el riesgo es mayor:

PROBLEMAS DE DEGRADACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA REGENERADA ALMACENADA	SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO	
	ABIERTOS	CERRADOS
Olores	XX	X
Estratificación de la temperatura	X	-
Bajo oxígeno disuelto	X	XX
Crecimiento de algas y fitoplancton	XX	X
Turbidez y color	XX	X
Reproducción de microorganismos	X	X
Pájaros y roedores	X	-
Estancamiento	X	X
Pérdida de cloro residual	XX	X

XX: mayor riesgo; X: menor riesgo

Figura 25: Problemas de degradación de la calidad de agua regenerada almacenada (Fuente: Guía para la aplicación del R.D. 1620/2007)

En la tabla anterior se observa como los sistemas cerrados mantienen mejor sus propiedades que los abiertos. Los abiertos tienen mayores problemas con los olores, crecimiento de algas y fitoplancton y con la turbidez y color. Además es más fácil que experimenten aportes externos que supongan un aumento de materia orgánica y en consecuencia de la turbidez. Asimismo, la

fauna natural de la zona puede ser causa de aumento de todo tipo de microorganismos patógenos.

Será importante tener en cuenta la pérdida de cloro residual ya que es uno de los factores importantes en el mantenimiento de la calidad del agua hasta su uso. En los sistemas abiertos es mucho mayor la pérdida de cloro.

Por último, cabe destacar que la concentración de desinfectantes disminuye al aumentar el tiempo de residencia del agua en el lugar de almacenamiento, tanto para depósitos abiertos como cerrados. Esto es, cuanto menos tiempo de almacenamiento mayor será la calidad del agua y menor su degradación. [15]

Por todo lo mencionado anteriormente, se ha optado por escoger un depósito cerrado, ya que se necesita una elevada calidad de acuerdo a la ley de reutilización vigente.

Una vez consultados los tipos de depósitos mercados existentes en el mercado, se ha optado que sean de sección circular, superficiales y metálicos.

Que sean superficiales y no enterrados hará que sea fácil y económica, tanto su conservación como la salida de las tuberías y desagües. La sección circular hace que tenga mejores características mecánicas que los de secciones rectangulares. Por la mínima obra civil y la facilidad de su instalación, se ha decidido que sean metálicos de paneles laminados prefabricados frente a los clásicos de hormigón armado, que son caros y su instalación es mucho más compleja mediante el hormigonado “in situ”. [38 - 40]

6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Tras realizar el estudio de alternativas correspondiente a cada parte del proyecto y habiendo seleccionado los tipos de equipos, se va a proceder a la explicación más detallada del proyecto.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, el tratamiento terciario del presente proyecto tendrá la siguiente línea de tratamiento repartida en cinco etapas fundamentales:

1. Bombeo inicial.
2. Filtración.
3. Desinfección Ultravioleta.
4. Postdesinfección mediante Cloración.
5. Almacenamiento de agua regenerada.

Todas estas etapas estarán unidas mediante una red de tuberías. Esta red posibilitará el transporte del agua de la estación depuradora a todos los puntos del tratamiento terciario, desde el inicio hasta el almacenamiento.

El caudal de diseño para el presente proyecto será el máximo proporcionado por el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia. Se tratará la totalidad del agua procedente del tratamiento secundario, esto es, el de 80 m³/h correspondiente al caudal máximo. Todos los equipos que se seleccionen en el presente documento deberán ser capaces de recoger este caudal.

Cabe destacar que todas las actuaciones realizadas sobre el agua a tratar, en todas las fases, se hacen con el objetivo de cumplir el R.D. 1620/2007, en concreto para el uso recreativo de campos de golf.

Además, por la estricta legislación a la que está sometida el uso recreativo del campo de golf, el agua podrá ser utilizada, en caso de que fuera exceditaria, aparte de para la principal fuente de reutilización, para los siguientes usos menos restrictivos: [1]

1. USOS URBANOS:

Servicios: zonas verdes, baldeo de calles, extinción incendios, lavado industrial vehículos.

2. AGRICULTURA: Productos de consumo humano en fresco con sistemas que no evita el contacto directo del agua con las partes comestibles; de consumo humano no fresco; pastos

para consumo de animales productores leche o carne, acuicultura; cultivos leñosos, ornamentales, no alimentarios, viveros, cereales y semillas oleaginosas.

3. RECREATIVO: Riego del campo de golf, estanques, caudales ornamentales con impedido el acceso del público al agua.

4. MEDIOAMBIENTAL: Recarga de acuíferos por perforación localizada a través del terreno. Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público y Silvicultura.

En primer lugar, se realizará un bombeo para que el agua alcance todos los puntos del tratamiento terciario. Esta impulsión toma el agua de una arqueta de salida del decantador existente en la actualidad en la EDAR de La Arboleda.

En segundo lugar, el agua proveniente del bombeo se filtra para afinar los parámetros adecuándolos para la desinfección que se va a realizar seguidamente.

En tercer lugar, se procede a la desinfección mediante rayos ultravioleta para la eliminación de los elementos patógenos y se realiza la postdesinfección mediante cloración para el mantenimiento de la calidad del agua hasta su uso.

Finalmente, el agua se conduce a los depósitos de agua regenerada para almacenarla hasta su demanda y uso.

Por una parte, en caso de que el agua no fuera demandada para ningún uso, se vertería al terreno adyacente como se realizan en la actualidad en la EDAR. Por otra, se reutilizaría para el campo de golf Meaztegi o para el uso afín que se requiera.

Asimismo, en la reutilización es de gran importancia que el agua almacenada no se deteriore en el tiempo y evitar los cambios físicos, químicos y biológicos que pueden ser perjudiciales para la salud humana y medio ambiente. Por ello, será necesario que la Dirección de Explotación, después de las obras, mantenga un control y seguimiento de la calidad de las aguas regeneradas de tal forma que se asegure el correcto estado del fluido regenerado en todo momento y en diferentes puntos de la instalación. En caso de que existieran alteraciones en la calidad se localizaría la incidencia y se corregiría lo antes posibles.

En cuanto a la localización del tratamiento terciario y del almacenamiento, debido al reducido espacio que tiene la parcela de la actual EDAR de la Arboleda, ha sido necesaria la expropiación de la parcela colindante cómo se indica en la memoria y en el anejo correspondiente a la expropiación. La expropiación será de 666 m² y se ubica en la siguiente figura:

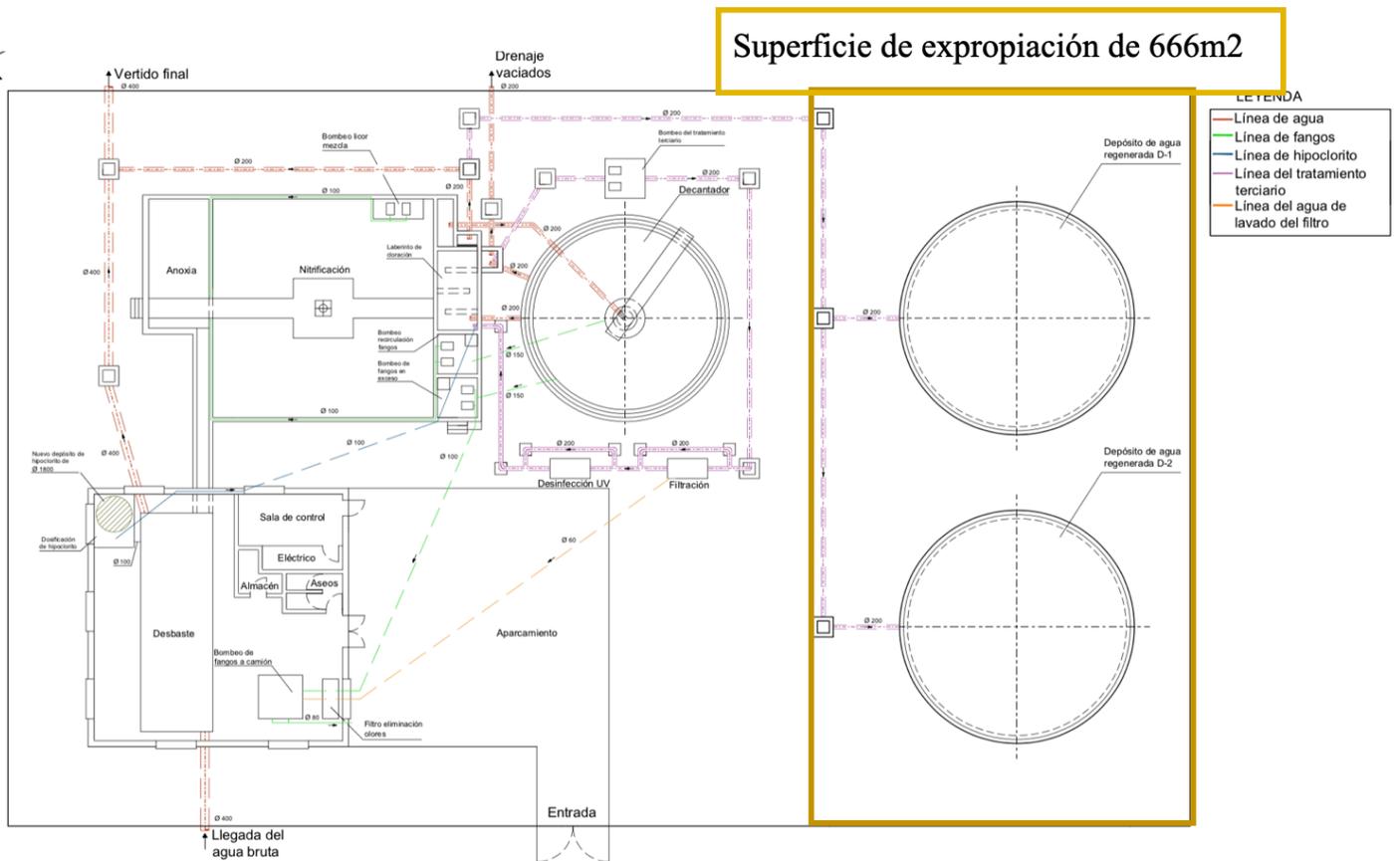


Figura 26: Ampliación de la EDAR y superficie de expropiación (Fuente: Propia)

6.1 Bombeo inicial

6.1.1 Objeto y parámetros de diseño

Esta primera fase del proyecto está constituida por un pozo de bombeo y unas bombas centrifugas como se ha indicado en la es estudio de alternativas.

El pozo de bombeo inicial, se va a ubicar después de la decantación secundaria de la actual EDAR de La arboleda. Se recogerá el agua de la arqueta de salida adyacente al tanque de cloración y de ahí el agua se impulsará para que llegue a todos los puntos del tratamiento secundario, de esta forma no será necesario incluir impulsiones en ningún otro punto de la red. Esta fase se realiza para que el agua tenga la altura geométrica y la presión suficiente en todos los puntos.

Los parámetros de partida para la esta primera etapa del proyecto son los siguientes: [38,41]

- El caudal de diseño.
- La altura manométrica de la impulsión, la cual esta constituida por la altura geométrica y las pérdidas de carga asociadas a las tuberías y a los distintos elementos de la instalación. Como por ejemplo: Válvulas, compuertas, codos, ensanchamientos o estrechamientos de sección...
- La velocidad del fluido.

Además, se tendrán que tener en cuenta otras consideraciones:

Todos los compartimentos que integren el bombeo deberán de ser accesibles, teniendo capacidad de poder extraer o introducir los equipos instalados en caso de avería o sustitución.

También previo al bombeo se deberá de instalar una válvula de compuerta que permita el cierre completo de la instalación.

El número mínimo de bombas a instalar será de dos, dejando siempre una de reserva. Las dos deberán de estar instaladas y de manera adecuada para que puedan utilizarse cuando sean necesarias. Las bombas deberán cumplir con la normativa de seguridad vigente en España para aparatos instalados en locales húmedos y también con las directivas europeas y normas UNE. [15]

6.1.2 Solución adoptada y diseño

Teniendo en cuenta los parámetros de partida del pozo, los criterios de diseño de la bibliografía y tomando como referencia los pozos de bombeo existentes en la EDAR de La Arboleda, para contener el agua a bombear se ha optado por ejecutar un pozo de bombeo de 2x2x2 metros esto es de 8 m³. Estas dimensiones calculadas en el Anejo 1, son similares a los pozos existentes en la EDAR de La Arboleda, por lo tanto se da por válido y adecuado. [38]

En el pozo estarán localizadas los elementos impulsores, las bombas. Las bombas serán centrífugas, como se ha indicado en el estudio de alternativas correspondiente al bombeo. Se han seleccionado estas por ser las más utilizadas en las aguas residuales, por ajustarse al pequeño caudal de diseño y por adaptarse bien a la disposición del proyecto. Además este tipo de bombas son las mismas instaladas en los pozos de bombeo de la EDAR de La Arboleda para el bombeo de fangos.

El pozo contendrá dos bombas, las dos instaladas, una para el uso continuo y la otra de reserva para que en caso de averías de la primera, no se interrumpa la impulsión en la red. Además se dispondrá de una tercera bomba desmontada y guardada en el almacén que hay en el edificio de control para su rápida instalación en caso de que fuera necesario.

Una vez consultado las opciones de bombas centrífugas en el mercado actual, se ha elegido una de la empresa Sulzer, en concreto la del modelo ABS- XFP Modelo 100C- CB1 PE 22/4, estas trabajarán para un caudal de 5 a 42 l/s, caudal en el que entra el del proyecto de 80 m³/h= 22,22 l/s. Sus características adicionales son las siguientes: [42]

- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión: 400 V
- Potencia: 2,5 kW
- Revoluciones: 1450 r/min
- Peso: 110 kg una unidad

Estas bombas tienen un motor de alta eficiencia, hermético e impermeable que forman un conjunto compacto y robusto. Por ello pueden ir sumergidas de tal forma que el agua no entrará al motor. Tienen una vida útil de 100.000 horas aproximadamente.

Cabe destacar, que el cebado de la bomba es importante pues no pueden trabajar en vacío. Por ello es importante que el agua que entre en estas bombas sea constante y que no sea turbulenta. Esto se realizará mediante el control del nivel del agua dentro del pozo. Este control se realizará mediante sensores que determinen este nivel.



Figura 27: Bomba ABS- XFP Modelo 100 (Fuente: Sulzer)

6.2 Filtración

6.2.1 Objeto y parámetros de diseño

La filtración se ha utilizado siempre para la reducción de parámetros físicos del agua.

En el presente proyecto, se ubicará después del bombeo inicial. Se utiliza para afinar los parámetros físico-químicos provenientes de la decantación ya que esto ayudará a la efectividad del tratamiento de desinfección. También será clave para la eliminación de E. Coli, parámetro delimitado y exigido por la ley de reutilización de aguas para el uso de campo de golf.

Por lo tanto, en esta fase se reducirán los sólidos totales en suspensión, la turbidez y los nematodos intestinales para el cumplimiento de la ley de reutilización.

6.2.2 Solución adoptada y diseño

El tipo de filtro que se ha escogido en el presente proyecto es de malla, como se ha explicado en el estudio de alternativas del presente documento. Estos filtros se adecuan mejor económicamente, se adaptan al espacio de la planta y consiguen los parámetros requeridos por la legislación vigente.

Los filtros de malla son prefabricados y se caracterizan por tener una mínima obra civil, tener dimensiones pequeñas y la efectividad en la filtración es elevada.

Para la elección de este equipo, se ha tenido en cuenta los parámetros de entrada al equipo y el caudal de diseño. Estos parámetros se han comparado con las prestaciones de los equipos que hay en el mercado actual para la correcta elección del filtro.

Tras consultar diferentes catálogos se ha optado por escoger los catálogos de la empresa *STF Filtros*, sobre todo por adecuarse a el caudal a tratar y por la retención de las mallas, las cuales son adecuadas en tamaño para retener Sólidos en suspensión y Nematodos Intestinales. Asimismo, es una empresa líder en el sector y con muchos años de experiencia en estos equipos. El equipo seleccionado es el FMA 2003, para un caudal máximo de 120 m³/h (superior al 80 m³/h de diseño), este equipo es un filtro de malla autolimpiante de accionamiento eléctrico con una malla de filtración de 10 micras. Tiene como ventajas que

tiene muy bajo consumo de agua de limpieza, la filtración es continua y no se detiene el flujo durante la limpieza.

El lavado del filtro se realiza en un ciclo de lavado de 25 segundos y tiene un caudal de 5 m³/h. El equipo tiene un sistema en el que utiliza el agua que entra en la filtración para el lavado. Durante el lavado, el cual se hace sin interrumpir la filtración, retiene las partículas y parte del agua entrante y lo evacua por un lateral, el agua que consume es de agua en 35 litros y se llevarán mediante un conducto de 60 milímetros a la línea de fangos, en concreto al tanque de almacenamiento de fangos.

Adicionalmente, será necesarios incluir válvulas reguladoras de caudal en la entrada y salida del filtro, las que permitirán la entrada de todo el caudal o de nada, para así permitir aislarlo de la conducción. Para evitar cortes de suministro durante el mantenimiento se pondrá un by-pass. Se instalará una válvula antirretorno en la salida para evitar posibles golpes de ariete en el filtro. Por ser la entrada al equipo de 80 mms de diámetro y la red de colectores de de 200 mms habrá que colocar reductores de diámetro a la entrada y a la salida del equipo. [43]

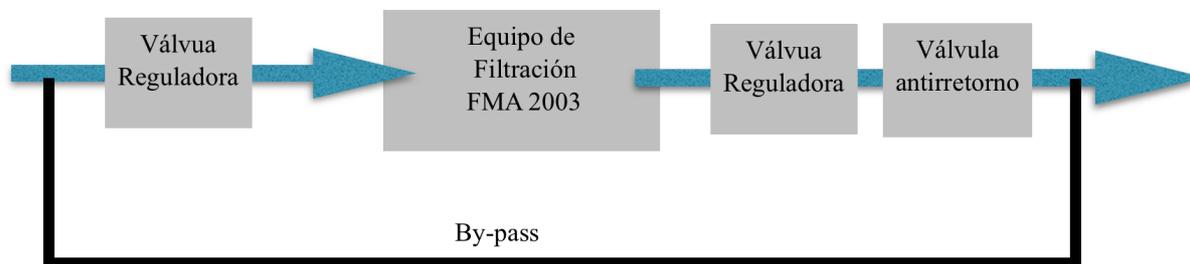


Figura 28: Equipo de filtración e instalación (Fuente: Propia)

6.2.3 Ciclo de trabajo

La filtración tiene un ciclo de trabajo en el que por una parte filtra el agua y por la otra extrae las partículas retenidas en la malla. Para ello habrá que explicar de los elementos que esta compuesto el filtro y como trabajan entre sí.

El equipo está formado por una carcasa exterior en la que tiene tres cámaras diferenciadas. Una para el desbaste que coincide con la boca de entrada del agua al filtro y en la que se sitúa la malla gruesa que se utiliza como prefiltro.

La circulación del agua se produce desde fuera hacia dentro del filtro. Una vez el agua entra al interior del filtro, el agua entra a una segunda cámara, la cámara de filtrado, donde se encuentra la malla de filtración, lo que es el elemento responsable de la filtración.

La suciedad retenida se va acumulando sobre la malla filtrante y va a generar una pérdida de carga. La limpieza del filtro se realizará en una tercera cámara, la de limpieza, la que se conecta en la salida con la válvula de drenaje que permite la evacuación del agua de lavado cuando se produce el proceso en el que el filtro se autolimpia. La cámara de limpieza está separada de la filtración mediante un sellado.

Por último se explica el escáner de succión. Este escáner ocupa la posición exacta que ocuparía el eje central del cartucho filtrante, y se encuentra conectado hidráulicamente a la cámara de limpieza. A su vez, y en la zona que el mismo ocupa en la cámara de filtración se disponen perpendicularmente las boquillas de succión, llegando con las cerdas de Nylon a pocas micras de la malla. La situación de estas boquillas en el escáner de succión está estudiada para entrar en contacto con toda la superficie interior de la malla, gracias al movimiento en espiral que el motor eléctrico le proporciona al escáner: al combinar un desplazamiento longitudinal y de rotación.

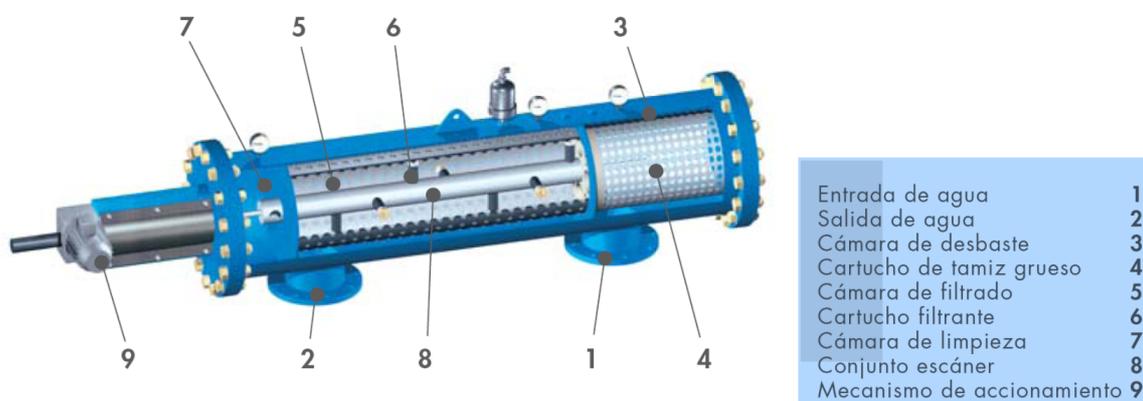


Figura 29: Equipo de filtración FMA 2003 (Fuente: STF Filtros)

El funcionamiento del equipo y la dinámica del mismo es la siguiente:

- 1) El agua entra en el filtro a través de la cámara de desbaste, produciéndose en ella la retención de cualquier partícula gruesa de fuera a dentro.
- 2) El agua atraviesa la malla fina desde dentro hacia fuera, produciéndose el fenómeno de filtración mecánica de superficie. Se obtiene entonces el agua de alta calidad, según el grado de filtración elegido para la malla de filtración, en nuestro caso de 10 micras.
- 3) La suciedad queda retenida y acumulada en la superficie interior de la malla fina provocando una pérdida de carga entre la entrada y la salida del filtro. Dos transductores analógicos situarán la secuencia de lavado cuando se alcance una diferencia de presión igual a 0,3 bar (3 m.c.a).
- 4) Cuando el presostato diferencial indica 0,3 bar, la válvula de drenaje recibe la orden de abrir; generando una diferencia de presión entre el exterior (presión atmosférica) y el interior del filtro (presión de trabajo) por lo que se produce una corriente de agua a gran velocidad, que atraviesa la malla y se conduce al exterior a través del orificio interior de las boquillas. Además en ese preciso instante también se envía la orden al motor de entrar en funcionamiento.
- 5) El resultado de estas acciones conjuntas son: el efecto de succión por parte de las boquillas sobre la suciedad de la malla, y el movimiento en espiral del escáner de succión en el interior del filtro.
- 6) Durante el proceso de autolimpieza, que dura 25 segundos, el agua continúa siendo filtrada y fluyendo hacia el sistema o aplicación. Este hecho provocado por el diseño de estos filtros, nos permite que el consumo de agua para el lavado sea mínimo y que el trabajo sea continuo.[43]

6.2.4 Mantenimiento

Para la conservación, será necesario limpiar el filtro y el cambio de la malla de filtración, en caso de que fuera necesario. La tarea se realizará de forma sencilla debido a que se abre el equipo por su lateral mediante unos tornillos fácilmente desatornillables.

Para ello habrá que realizar las siguientes tareas:

- Desconectar el filtro del suministro de energía antes de cualquier operación de mantenimiento.
- Asegúrese de que el filtro está despresurizado antes de aflojar los tornillos.
- Evitar las salpicaduras y las pérdidas de agua, minimizando el riesgo de que el personal pueda resbalar o electrocutarse y el daño que la humedad pueda ocasionar en el equipo.
- Utilizar agua a presión para la limpieza manual del cartucho filtrante. En caso de ser necesario se utilizará ácido u otros agentes químicos. Se debe realizar de acuerdo a las instrucciones pertinentes del material en cuestión y sin poner en riesgo al operador ni a sus circundantes.
- Desaguar el equipo en periodos de inactividad prolongados.

El calendario preventivo lo entregará la empresa STF filtros una vez puesta en obra la máquina, junto con los manuales de operación y mantenimiento.

6.2.5 Características del agua filtrada

En la filtración se habrá reducido los sólidos totales en suspensión, la turbidez y los nematodos intestinales como se ha indicado previamente.

Las características del agua filtrada tras el paso del filtro se indica en la siguiente tabla, junto con los parámetros de reducción para cada elemento:

Tabla 15: Parámetros antes y después de la filtración (Fuente: Propia)

Parámetros	Reducción de parámetros (%)	Antes de la Filtración	Después de la Filtración
Nematodos intestinales	<1 unidad de longitud	Desconocidos	Se eliminan todos
Turbidez	40 %	7 NTU	4,2 NTU
SST	50 %	16 mg/l	8 mg/l

Como se observa en la tabla, se desconocen los nematodos antes de la filtración. Sin embargo con la malla de filtración escogida de 10 micras no se permitirá el paso de ningún nematodo intestinal, ya que su tamaño oscila entre 20 y 200 micras.

Así se cumplirá con los valores de la legislación de reuso y se afinarán los parámetros para que sea mas eficaz la desinfección mediante UV. Aun así será necesaria la desinfección mediante UV para la eliminación de la E. Coli.

6.3 Desinfección UV

6.3.1 Objeto y parámetros de diseño

La desinfección como tal, consiste en la eliminación o desactivación de los organismos patógenos contenidos en el agua que pueden ser dañinos para la salud de los seres vivos.

La solución adoptada en el estudio de alternativas es de un tratamiento de desinfección mediante rayos UV y una cloración final. Con estos dos procedimientos, el agua de salida de la EDAR será apta para su posterior reutilización y cumplirá la legislación vigente de reuso de aguas.

Con la desinfección UV se reducirá el parámetro de E. Coli, mientras que con la cloración, la que se explicará en la siguiente sección, se mantendrá este parámetro durante el almacenamiento transporte y uso del agua.

El agua para la desinfección vendrá de la filtración anterior; por lo tanto, los parámetros de partida del agua son los del agua filtrada mencionado en el apartado anterior. Estas propiedades harán que la desinfección sea más eficiente y permitirán una rápida desinfección.

6.2.2 Solución adoptada y diseño

Tras consultar diferentes catálogos de empresas de equipos de Rayos UV y contrastarlos con los parámetros indicados en el apartado anterior, se ha optado por escoger los catálogos de la empresa *Wedeco*, empresa líder en el sector. Los equipos se adecuan al caudal a tratar y además cumplen con la desinfección necesaria. También, es importante decir que por ser un equipo muy específico, no hay muchas empresas especializadas en ella así que las opciones han sido reducidas.

El equipo elegido es el Wedeco LBX el modelo 90. El caudal de entrada del equipo es de 83 m³/h. Este caudal permite recibir el caudal de diseño que es de 80 m³/h. Las dimensiones del reactor son las siguientes: 1.530 x 388 x 275 mm.

El equipo seleccionado es de reactor UV cerrado a presión, ya que el espacio que tenemos en la planta es limitado y se quiere realizar la mínima expropiación. La transmitancia del reactor será de 254 nm y da una dosis 40mJ/cm². Se garantizan que se eliminan muchos patógenos,

parasitos, bacterias y virus, entre ellos están incluidos el necesario a eliminar en el presente proyecto; E. Coli. El E. Coli se eliminará al 99 %. Esta tecnología no general subproductos y está exenta de productos químicos. El tiempo de exposición es muy importante en los equipos de rayos UV, la efectividad de la desinfección depende de este tiempo. Depende de diferentes factores como por ejemplo las características de agua, características del equipo etc.

Para este equipo el tiempo de exposición es de apenas 2 segundos, según el fabricante, debido a la alta Intensidad de las lámparas. Con este tiempo se garantiza la eliminación de la E. Coli al 99%.

En cuanto a las lámparas del reactor, este modelo tiene 4 lámparas Ecoray de baja presión dispuestas paralelas al flujo de agua y su vida útil son de 14000 horas.

El mantenimiento del equipo consistirá en el cambio de las lámparas principalmente, todo lo especificado respecto al mantenimiento será entregado por el fabricante del equipo en un manual.

La instalación del equipo tendrá que tener válvulas reguladoras de caudal en la entrada y salida del filtro, las que permitirán la entrada de todo el caudal o de nada, para así permitir aislarlo de la conducción en caso de que avería del equipo de desinfección o mantenimiento. Se instalará una válvula antirretorno en la salida para evitar posibles golpes de ariete en el equipo. Asimismo, necesitará tener reductores de diámetro ya que la entrada al equipo es de 100 mms de diámetro y la red será de 200 mms. [44]



Figura 30: Equipos LBX instalados (Fuente: Wedeco)

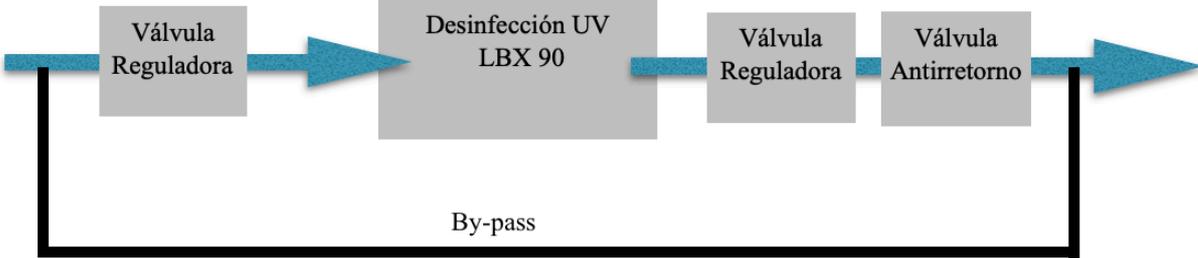


Figura 31: Equipo de Rayos UV e instalación (Fuente: Propia)

6.4 Cloración de mantenimiento

6.4.1 Objeto y parámetros de diseño

Una vez desinfectada el agua mediante los rayos UV, el agua se someterá a una postdesinfección mediante cloración. Esta postdesinfección, tendrá el objetivo de mantener las características durante su almacenamiento transporte y uso, de tal forma que no reactiven los microorganismos contaminantes en ningún momento.

Este tratamiento se realizará en el tanque de cloración en forma de laberinto ya existente en la depuradora de La Arboleda.

El cloro se introducirá en el efluente de tal manera que se quedará el reactivo en el agua regenerada en forma de cloro residual libre. El reactivo que se utiliza es el que ya se utiliza en la actualidad en la EDAR de la Arboleda; Hipoclorito sódico (NaClO). Los parámetros de partida para esta fase es el caudal a tratar, el tiempo de contacto las características del cloro y las unidades dosificadas.

6.4.2 Solución adoptada y diseño

El Hipoclorito Sódico es el reactivo que se va a utilizar en el presente proyecto. Este reactivo es el que ya se utiliza en la actualidad en la EDAR de la Arboleda. Se mantiene este compuesto porque es la forma de Cloro más utilizada en la actualidad por su bajo coste y facilidad de manipulación. La dosis que se suministre, se introducirá al inicio del laberinto de clorado.

A nivel de cambios de la instalación actual de la cloración, únicamente se cambiará el depósito de hipoclorio sódico, se sustituirá por uno de mayor capacidad. El laberinto de cloración se mantendrá igual y las bombas dosificadoras serán las mismas.

El tanque de cloración tiene una disposición rectangular de medidas: 2,4 m de ancho, 4,4 m y 3,5 m de profundidad. Tiene forma de laberinto rectangular, para que el cloro entre en contacto mayor tiempo con el agua y se garantice esa desinfección de mantenimiento de las características del agua. Es de hormigón y está cerrado. El volumen útil de la cámara es de

13,6 m³. Al inicio del laberinto se dosificará el Hipoclorito sódico mediante una bomba que se encuentra en el edificio de control junto al depósito del reactivo. El agua circulará por aquí durante 15 minutos, como se ha calculado en el anejo n°1 de dimensionamiento de tratamiento terciario y depósito de agua regenerada. La dosis de cloro a aplicar se ha establecido en 2,5 mg por litro de agua a regenerar, de forma que se cubran las necesidades de esterilización en las etapas de distribución y almacenamiento.

El reactivo tendrá una riqueza de 30% . Teniendo en cuenta el caudal de 80 m³/h y que la planta estará abierta 24 horas se consumirá de media 0,12 Kg/ día. La cantidad del cloro diariamente que se necesita es de 11,50 kgs, con una riqueza del cloro de 30%, se necesitarán 76,6 kgs diarios de disolución.

En cuanto al depósito de hipoclorito, el que hay en la actualidad en la EDAR La Arboleda es de 1000 litros y únicamente duraría 13 días hasta su vaciado, para aumentar su duración se ha optado por la elección de uno nuevo de mayores dimensiones.

El tanque escogido es de empresa *BIOTanks*, este tanque es para productos químicos y están fabricados con resinas especiales y son específicos para almacenar cualquier tipo de producto químico o corrosivo. Entre los listados en la ficha técnica se encuentra el Hipoclorito sódico.

El depósito seleccionado es el modelo DPQ - 50. Tiene una capacidad de 5000 litros, diámetro 1800mm y altura 2000 mms. La duración del reactivo es de 65 días en este caso. [45]



Figura 32: Depósito para productos químicos (Fuente: BIOTanks)

Para la dosificación se aprovecharán las 2 unidades dosificadas existentes en la actualidad. Son dos bombas de 4,2 l/h. Con estas se podrá dosificar el reactivo de la misma manera como se hace en la actualidad. Una de ellas estará en constante funcionamiento mientras que la otra se utilizará para las labores de mantenimiento y averías.

El agua que se introduce a la cámara de cloración se podrá evacuar por el drenaje de vaciados o por la salida de agua que se vierte en la actualidad. Esto ocurrirá si no cumple con las calidades exigidas, o por estar alguna maquina en mantenimiento o en avería u otro caso excepcional. En cualquiera de los casos, el agua se evacuará por estas dos salidas, de esta manera el agua no pasará por el laberinto de cloración y se verterá al terreno adyacente como se hace en la actualidad en la planta.

6.5 Depósitos de almacenamiento

6.5.1 Objeto

Los depósitos de agua almacenada tienen como objetivo que el agua que contengan no se deteriore en el tiempo y evitar los cambios físicos, químicos y biológicos que pueden ser perjudiciales para la salud humana y medio ambiente. El mantenimiento del agua en su correcto estado dependerá del sistema de almacenamiento que se utilice.

Una vez finalizado el tratamiento terciario el agua se almacenará en dos depósitos en la propia EDAR La Arboleda hasta su uso.

De acuerdo a la Guía para la aplicación del RD 1620/2007 de Reutilización de Aguas Depuradas, los depósitos que se construyan en los sistemas de reutilización deberán cumplir con la norma UNE-EN 1508:1999 “Abastecimiento de agua. Requisitos para sistemas y componentes para el abastecimiento de agua”.

6.5.2 Solución adoptada y diseño

Para el correcto diseño y dimensionamiento se ha tenido en cuenta la demanda que hay por parte del Meaztegi golf.

La demanda es muy cambiante como se ha observado en la Tabla 2 del presente documento y es muy dependiente de la climatología.

A pesar de tener un embalse de 90.000 m³ para su riego, las reservas de este embalse están disminuyendo en el tiempo y además los meses de mayor necesidad de agua, que corresponden a los meses de entre Mayo y Septiembre, este embalse contiene 36000 m³. Por lo tanto, se encuentra a 1/3 de su capacidad total.

Los meses que menor agua almacena la presa, mayor necesidad de agua es demandada por parte del campo de golf. Un mes de julio, por ejemplo, en año seco serían necesarios 18.062 m³ de agua adicional.

También, el embalse está sufriendo filtraciones por su deterioro y falta de mantenimiento y su capacidad total es menor por las pérdidas como se ha mencionado anteriormente.

Para el correcto diseño se va tener que fijar la capacidad del depósito.

Se va a dimensionar el depósito para el caudal máximo durante 10 horas ya que cubrirá con la demanda máxima del campo de golf .

Por un lado, la demanda máxima esta referida a lo que el campo de golf necesita durante el año seco en el mes de julio. Este valor es de 1800 m³/ día aproximadamente. Por otro lado, el caudal que la planta genera es de 1920 m³/ día en sus 24 horas que esta abierta la estación depuradora a caudal máximo. En este caso, la EDAR de La Arboleda cubriría por completo la demanda.

Sin embargo, no se ha elegido acumular las 24 horas el agua regenerada, solamente la recogerá durante 10 horas. Esto es porque según la guía de aplicación del R.D. 1620/ 2007, el riego tanto para los campos de golf como para los otros usos posibles del proyecto, debe hacerse preferentemente de noche o cuando las instalaciones estén cerradas al público. Además, debe programarse de modo que las plantas dispongan del tiempo suficiente para secarse antes de que los usuarios tengan acceso a la zona regada. La propia superficie del campo de golf Meaztegi, cierra al público de las 8 de la noche a las 8 de la mañana, esto es 12 horas. Para el correcto diseño se ha dejando cierto margen para secarse el campo. Por lo tanto, supondremos que únicamente se almacenará 10 horas el agua, el que se va a utilizar durante las 10 horas de riego durante la noche. Esto supondrá a caudal máximo 800 m³ en 10 horas y mensualmente 24.000 m³.

Además como en caso de que no haya demanda por parte del Meaztegi Golf, se podría utilizar para más usos, el agua no quedará desaprovechada y en el caso de que no hubiera uso para ser aprovechada, se pasaría por los by-passes de la filtración y desinfección y se cloraría y se vertiría al terreno adyacente, como se hace en la actualidad.

La guía de aplicación del R.D. 1620/2007 también determina que en caso de que el agua almacenada para el reuso sea mayor a 100 m³, tendrá que haber dos depósitos, de forma que cada uno permita el llenado y vaciado de forma independiente para operaciones de limpieza y mantenimiento. Por ello, como el volumen que se va a acumular es de 800 m³, serán necesarios dos depósitos, esto es, se necesitarán dos depósitos de 400 m³ cada uno.

Por todo lo mencionado anteriormente y por el estudio de alternativas previamente realizado acerca de los depósitos de agua regenerada, se ha optado por escoger dos depósitos cerrados, de sección circular, superficiales y metálicos.

Trás consultar las ofertas de este tipo de depósitos se ha optado por la empresa de depósitos metálicos *Ilurco*, en concreto el modelo 12. [40]

Este modelo tiene las siguientes dimensiones:

Tabla 16: Dimensiones de un depósito Ilurco modelo 12 (Fuente: Ilurco)

Capacidad (m ³)	Diametro (m)	Altura (m)
421	11,321	4,18

La pared del depósito de agua es metálica de acero galvanizado ondulado y con recubrimiento interior de resina epoxi y el suelo de lámina de P.V.C.

La pared metálica, esta formada por planchas prefabricadas modulares, se unen entre sí mediante tornillos, no necesitan ser soldadas y pueden instalarse en cualquier sitio y tienen un mínimo mantenimiento ya que se pueden reparar o sustituir los módulos, sin afectar al resto, esto hace que tenga un coste de mantenimiento bajo. Tienen superficies no porosas que no permiten la acumulación de la suciedad así garantizando el mantenimiento de la calidad de las aguas contenidas.

La cubierta, es de chapa de acero prelacada con estructura metálica totalmente interior al depósito, tienen unas vigas y pilares dentro que sujetan las chapas. Las vigas y pilares son de perfil IPN 140. Esta cubierta cierra el depósito de manera hermética excepto por la ventilación que tiene en un lateral. La ventilación es exigida en este tipo de depósitos, se exige para que no puedan entrar ni personas ni animales dentro de él. [15]



Figura 33: Depósito Ilurco (Fuente: Ilurco)

La cimentación del depósito está formada por un anillo de hormigón HA-25 de 0,4 m de ancho y 0,4 m de alto y en su interior, en toda la superficie, se dispondrá arena compactada.

Como se ha visto en la Tabla 16 la capacidad del depósito es de 421 m³ y con los dos depósitos se almacenará 842 m³. Esta capacidad es la más próxima y superior a 800 m³ que exige la planta a caudal máximo. Por ello, los dos depósitos podrán acumular la totalidad del agua generada diariamente.

6.6 Red de tuberías

Todos los equipos mencionados anteriormente, tendrán que estar conectados entre sí para la conducción adecuada del agua de tratamiento terciario.

Las conducciones del presente proyecto serán de fundición dúctil, como se ha indicado el anejo número dos, correspondiente a la línea de presión de agua. Se ha elegido este material por tener en conjunto las mejores características en relación a su precio.

También se ha determinado el diámetro de todas las conducciones, que será de 200 mms, exceptuando el de la salida del agua de limpieza de la filtración que será de 60 mms. [46]

Las tuberías serán suministradas por la empresa Saint Gobain Pam y tendrán las siguientes características:

- Material: Acero
- Diámetro (D): 200 mms.
- Sección (S): 0,0314 m²
- Coeficiente de rugosidad (e): 0,030 mm [41]
- Velocidad (V): 0,7 m/s.
- Color: Violeta de agua regenerada PANTONE 2577U o RAL 4001.



Figura 34: Tuberías de fundición dúctil para aguas regeneradas (Fuente: Saint Gobain Pam)

6.7 Parámetros del agua regenerada y su seguimiento y control

Tras todas las actuaciones que se han realizado en el agua proveniente del tratamiento secundario; Bombeo, filtración, desinfección y post desinfección se han cumplido con los parámetros establecidos con la ley de aguas. En la siguiente tabla se muestran los resultados:

Tabla 17: Parámetros finales de agua regenerada (Fuente: Propia)

Parámetros a lograr en desinfección	Valores de la legislación de reutilización vigente	Valores Obtenidos
Escherichia Coli UFC/ 100 ml	<100-200	<100-200
S.S.T (mg/l)	20 mg/l	8 mg/l
Nematodos intestinales	< 1 huevo/ 10 L	AUSENCIA
Turbidez	10 UNT	4,2 UNT

El agua será almacenada en los depósitos con estos parámetros y podrá ser utilizada para el campo de Golf Meaztegi y en caso de que haya agua sobrante, para todas las opciones que también cumpla con la ley vigente. Consultando la tabla anterior y el R.D. 1620/ 2007 por el que se establece el régimen jurídico de la Utilización de las Aguas depuradas, los usos para los que también podrá ser utilizada el agua regenerada son: urbanos, agricultura, recreativos y mediambientales.

Con el fin de comprobar que el tratamiento de regeneración cumple con los objetivos de calidad exigidos por el RD de reutilización, habrá que hacer un programa que consiste en la realización de una serie de mediciones de los distintos parámetros, con las frecuencias establecidas para cada uno de ellos y en cada uno de los puntos de control. Se tomarán en diferentes puntos muestras para comprobar que el efluente regenerado no haya sufrido ningún cambio respecto a la calidad inicial y además para detectar en que tramo hay una incidencia o una alteración para así corregirla lo antes posible.

Las frecuencias mínimas de análisis de cada uno de los parámetros y su posible modificación, según el uso recreativos para campos de golf se detallan a continuación: [15]

Tabla 18: Frecuencias mínimas de muestreo para campos de golf (Fuente propia basado en el R.D. 1620/2007)

Parámetro de análisis	Frecuencia mínima	Métodos analíticos de referencia
Nematodos intestinales	Quincenal	Método Bailinger modificado por Bouhoum & Schwartzbrod. “Analysis of wastewater for use in agriculture” Ayres & Mara OMS (1996)
Escherichia Coli	2 veces por semana	Recuento de Bacterias Escherichia Coli β - Glucuronidasa positiva
Sólidos en suspensión	Semanal	Gravimetría con filtro de fibra de vidrio
Turbidez	2 veces por semana	Nefelometría
Cloro residual	Diario	Potencial redox

7. OBRA CIVIL

La construcción civil es pequeña ya que se ha optado por utilizar elementos prefabricados para agilizar la instalación y para que el plazo de ejecución sea corto. Además, el movimiento de tierras no será muy grande, ya que la superficie que ocupa el proyecto es relativamente pequeña y el terreno ésta bastante nivelado.

Una vez terminados todos los trámites de expropiación se comenzarán los trabajos de ejecución de la obra.

En primer lugar, se procede a la preparación de la superficie donde se va a implantar el nuevo sistema terciario de la EDAR de La Arboleda. Para ello, se realizará las tareas de limpieza, despeje y desbroce del terreno. Por un lado, se derrumbará la valla que delimita el terreno actual de la EDAR de La Arboleda con la superficie de expropiación. Por otro lado, se limpiará la superficie total (la de la EDAR de La Arboleda y la de expropiación) y se despejará toda la zona retirando las malezas del terreno u cualquier otro objeto que interrumpa en la ejecución del proyecto o en la geometría final de la obra.

Las tareas de montaje del depósito de hipoclorito sódico únicamente están referidas al desacople del depósito actual y retirada del mismo y a la instalación del nuevo depósito en la misma ubicación del depósito de la actualidad. Una vez ubicado, se conectará el nuevo depósito a las bombas dosificadas existentes.

Para el pozo de bombeo se tendrá que excavar la zona donde irá el pozo dejando un talud de 1/1, después se colocará una solera prefabricada en el fondo donde se apoyará el pozo de bombeo de 2 metros de ancho y largo y 10 cms de profundidad. Una vez colocado el pozo de bombeo e instaladas dentro las dos bombas correctamente con la instalación mecánica y eléctrica correspondiente se rellenará, con materiales de relleno procedentes de cantera. Se rellenará todos los posibles espacios existentes entre el pozo y la excavación del pozo. En la arqueta anterior al pozo de bombeo, se colocará una válvula de compuerta para aislar todo el tratamiento terciario y el pozo de bombeo. La arqueta será prefabricada al igual que todas las demás indicadas en los planos del proyecto en el documento número dos del presente proyecto.

Tanto para el equipo de filtración como para el de desinfección se procederá al mismo conjunto de actuaciones, debido a su similitud de dimensiones y cargas transmitidas al terreno. Primero se preparará la superficie y luego se colocará la cimentación, que está constituida una losa de hormigón armado de 30 cms sobre la que se anclaran posteriormente los dos equipos. La losa será de 2 metros de ancho y 1 metro de largo y se realizará de hormigón HA-25 /P/20, armado con acero B-500S, de 30 cm de espesor.

En cuanto a los depósitos de agua regenerada, se preparará primero la superficie sobre la que se va a colocar. La preparación consiste en una nivelación del terreno y una compactación del terreno que será el soporte del depósito. Esta compactación se tendrá que hacer sobre una arena de tamiz menor de 0,3 mms. Después se realizará la cimentación, que consiste en un anillo de hormigón armado en el perímetro del depósito. El anillo de hormigón armado es el soporte de las paredes metálicas del depósito y en la parte de dentro del anillo irá el terreno compactado sin necesidad de hacer una solera completa en toda la base. El hormigón armado utilizado en esta fase es de HA-25 y acero B-500S. Después, el resto del montaje del depósito es muy rápido por que las operaciones in situ son mínimas, estando todos los componentes del depósito prefabricados para ser solamente atornillados en obra, lo que reduce mucho los costes de montaje. Una vez terminado el anillo perimetral, se une a ese anillo las placas metálicas modulares en forma de anillo de abajo a arriba mediante tornillos. Después de tener montado el depósito, se sueldan y se anclan los pilares en las placas previstas y se suben las vigas de dentro del depósito, que serán los que sujeten la cubierta. Finalmente se coloca la cubierta, la puerta de acceso y la lamina impermeabilizante en el suelo. Esta queda atornillada al depósito y se sueldan mediante aire caliente. Si fuera necesario, también se repasan los posibles arañazos en la pintura del depósito.

Asimismo, se tendrá que hacer la red de conducciones de todo el tratamiento terciario para así conectar todos los equipos mencionados anteriormente. Estos conductos son de fundición dúctil de diámetro 200 mms. Los conductos están dispuestos tanto a la intemperie como enterrados, tal y como se indica en el documento número dos de planos del presente proyecto. Los tramos enterrados se colocarán en una cota de -1 metros respecto a la superficie sobre una cama de grava. Una vez colocadas las tuberías se rellenará la zanja con el material

retirado previamente. Para finalizar se compactará el terreno para un acabado adecuado. La compactación tendrá que ser cuidadosa asegurando que no se muevan las conducciones.

En el único tramo en el que se cambia de diámetro de la tubería es el que corresponde al agua de limpieza y que sale del filtro a la línea de fangos. Esta será también de fundición dúctil pero de 60mms de diámetro. Toda la línea irá enterrada y se llevarán a cabo todos los procedimientos mencionados anteriormente para la línea de 200 mms. En esta zona será necesario la retirada del asfalto perteneciente al aparcamiento de la actual EDAR de La arboleda. Por retirarlo será necesario reponerlo para seguir haciendo apta la zona para su utilización como aparcamiento y transmitir las cargas de forma adecuada. Se ha optado por utilizar la siguiente configuración de firmes; una base de 25 cm de zahorra artificial y pavimento de 30 cm de aglomerados asfálticos en caliente.

Queda por añadir que en los tramos de cambio de dirección se colocarán codos anclados a arquetas en caso de que sean enterradas y bloques de hormigón cúbicos en caso de que sean superficiales. Todas las arquetas y bloques como se han indicado previamente serán prefabricadas.

Para la nueva delimitación de la parcela debida a la expropiación, se ha optado por utilizar un cerramiento similar al existente en la EDAR de La Arboleda. Este cerramiento está formado por paneles prefabricados, lisos, de hormigón armado de 12 cm de espesor, 3 m de altura y cubrirá todo el perímetro de expropiación.

Por último, todos los materiales sobrantes y escombros se llevarán a la planta de reciclaje de Bizkaiko Txintxor Berziklategia S.A. del barrio Orconera en Ortuella. El recorrido que realizará los camiones será de 10 kms aproximadamente incluida la ida y la vuelta.

8. PLAN DE OBRA

Consiste en un reflejar la secuencia de las diversas actividades que componen la totalidad de la obra del presente proyecto, así como su duración parcial a fin de obtener la duración total.

El conjunto de actividades de la obra está realizado por diferentes equipos de trabajo. En total hay dos equipos, el A y el B. Estos dos equipos de trabajo, serán profesionales competentes y con la formación necesaria para la ejecución de las tareas a realizar. Habrá tareas en las que podrán trabajar simultáneamente y otras en las que dependerán de otras para su realización, esto es, que será necesario terminar una para empezar la otra.

Asimismo, durante toda la obra será necesario un equipo de seguimiento y control. Este equipo será ajeno y trabajará en paralelo a todas las demás tareas.

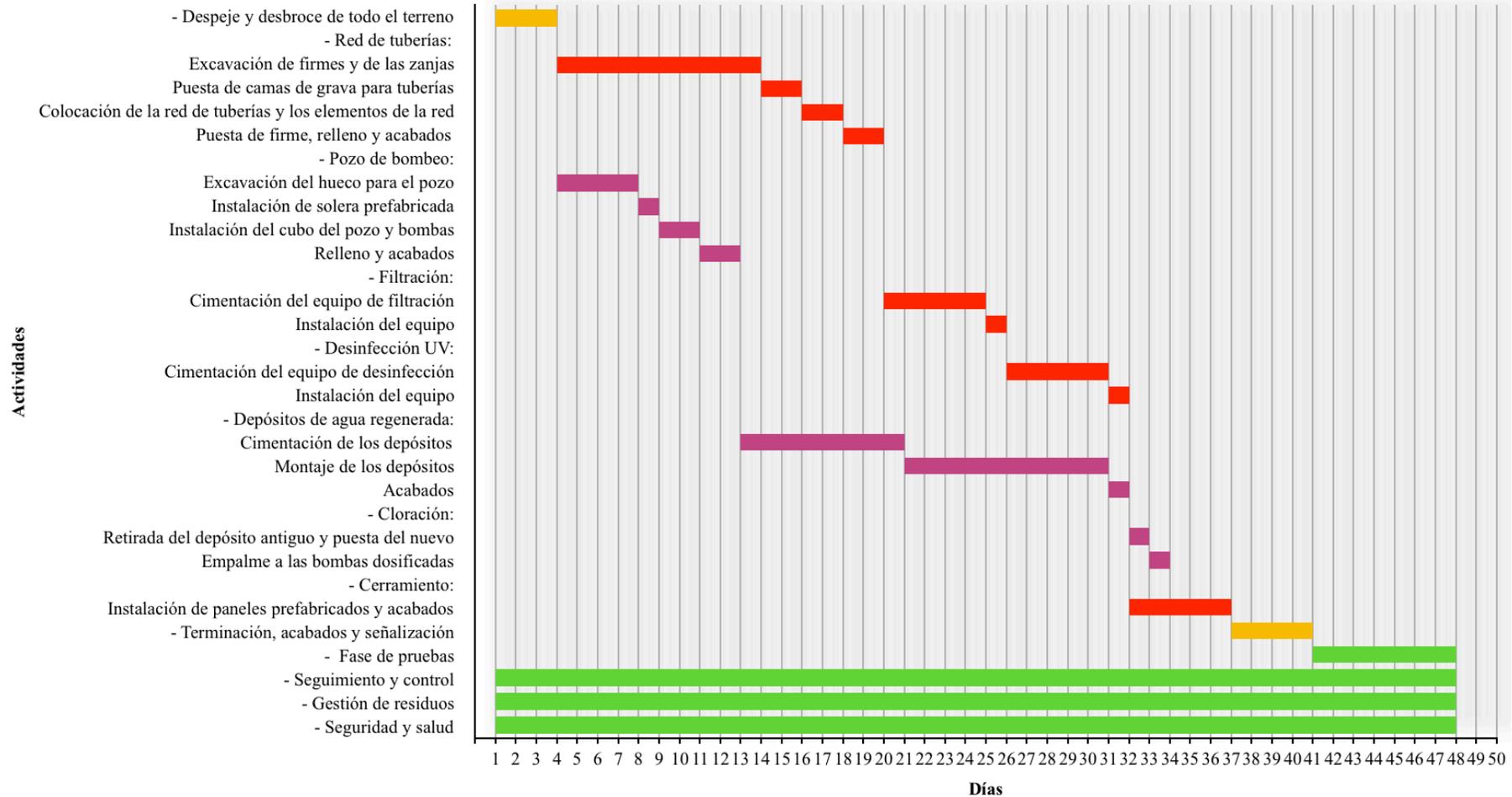
Para concluir, antes de dar por finalizado la obra, se tendrá un periodo de prueba de las instalaciones construidas para comprobar el correcto funcionamiento y así dar por finalizada la obra.

Seguidamente, se adjunta el Diagrama de Gantt, donde se indica gráficamente todas las actuaciones que se realizarán en la obra, la duración de dichas tareas y el orden de ejecución de las mismas.

MEMORIA DESCRIPTIVA

- LEYENDA
- Equipo de seguimiento
 - Todos los equipos
 - Equipo A
 - Equipo B

Diagrama de Gantt



9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

A continuación se mostrará el presupuesto por capítulos y el presupuesto de ejecución material:

CAPÍTULO 1: Movimientos de Tierras	2.893,98 €
CAPÍTULO 2: Cimentaciones “In situ”	40.114,36 €
CAPÍTULO 3: Bombeo	11.718,76 €
CAPÍTULO 4: Filtración	9.500 €
CAPÍTULO 5: Desinfección UV	12.000 €
CAPÍTULO 6: Cloración	10.500 €
CAPÍTULO 7: Depósitos de aguas regeneradas	36.000 €
CAPÍTULO 8: Tuberías y elementos de la Red	38.953,94 €
CAPÍTULO 9: Cerramiento	14.408,01 €
CAPÍTULO 10: Señalización	1.923,16 €
<u>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL DE LA OBRA</u>	178.012,21 €

Sumándole al Presupuesto de Ejecución Material de la obra el PEM del Estudio de Seguridad y Salud de valor 12.611,32 € , El presupuesto de Ejecución Material total del proyecto es:

<u>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL DEL PROYECTO TOTAL</u>	190.623,53 €
--	---------------------

El presupuesto de Ejecución Material total asciende a la cantidad de; **CIENTO NOVENTA MIL SEISCIENTOS VEINTITRES EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS.**

Presupuesto de Ejecución Material Total	190.623,53 €
Gastos Generales (13 %)	24.781,06 €
Beneficio Industrial (6%)	11.437,41€
Presupuesto de Licitación sin IVA	226.842 €
IVA de la cantidad anterior (21%)	47.636,82 €
<u>PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA DEL PROYECTO</u>	274.478,82 €

El Presupuesto de Ejecución por Contrata del Proyecto de Ampliación de la EDAR de La Arboleda (Bizkaia) para la reutilización del agua tratada en el Meaztegi Golf asciende a la cantidad de; **DOSCIENTOS SETENTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS CON OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS.**

10. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

Se debe realizar, por llevarse a cabo el proyecto para una Administración. Este Presupuesto incluye, además de los costes expuestos en el apartado anterior, los generados por expropiaciones y por reposición de servicios afectados por terceros. Además, se deben añadir los costes estimados para la Asistencia Técnica a la Dirección de Obra y los de la Coordinación de Seguridad y Salud.

Con todo ello, se deduce el Presupuesto para Conocimiento de la Administración, que se expone a continuación:

TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	274.478,82 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	190.623,53 €
Expropiaciones	3663 €
Reposición servicios afectados por terceros	0
Coordinación de Seguridad y Salud (0,4% PEM)	762,51 €
Asistencia Técnica de la Dirección de Obra (3% PEM)	5.718,71 €
TOTAL PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	284.623,04 €

Asciende el presente Presupuesto para Conocimiento de la Administración a la expresada cantidad de **DOSCIENTOS OCHENTA Y CUATRO MIL SEISCIENTOS VEINTITRES EUROS CON CERO CUATRO CÉNTIMOS.**

11. NORMATIVA

NORMATIVA EUROPEA

- Directiva 2000/60/CE del 23 de octubre del 2000, por la que se establece un marco comunitario en el ámbito de la política de aguas.
- Directiva 91/271/CEE del 21 de mayo, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

NORMATIVA NACIONAL

- Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.
- 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. (BOE núm. 77, de 29 de marzo de 1996).
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (BOE núm. 97, de 23/04/1997, Última actualización 04/07/2015).
- Ley de Expropiación Forzosa del 16 de Diciembre de 1954.
- Decreto de 26 de abril de 1957 por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Expropiación Forzosa.
- Ley 8/1987, de 20 de noviembre, sobre creación de los Jurados Territoriales de Expropiación Forzosa.
- Ley 2/2006, de 30 de junio, de Suelo y Urbanismo.
- Real Decreto 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana.
- Real Decreto 3288/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el reglamento de gestión urbanística para el desarrollo y aplicación de la ley sobre régimen del suelo y ordenación urbana.
- Real Decreto 2187/1978, de 23 de junio, por el que se aprueba el reglamento de disciplina urbanística para el desarrollo y aplicación de la ley sobre régimen del suelo y ordenación urbana.

- Real Decreto 2159/1978, de 23 de junio, por el que se aprueba el reglamento de planeamiento para el desarrollo y aplicación de la ley sobre régimen del suelo y ordenación urbana.
- Decreto 635/1964, de 5 de marzo, que aprueba el reglamento de edificación forzosa y registro municipal de solares.
- Real Decreto 1247/2008 del 18 de julio, por el cual se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08.
- Ley 20/2009 del 4 de diciembre, de prevención y control ambiental de las actividades.

NORMATIVA ESPECÍFICA (UNE, ASTM, Guías...)

- Guía para la aplicación de R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de Aguas Depuradas.
- Norma UNE-EN 1508:1999, Para depósitos “Abastecimiento de agua. Requisitos para sistemas y componentes para el almacenamiento de agua”.
- UNE-EN 809:1999+A1:2010 Bombas y grupos motobombas para líquidos. Requisitos comunes de seguridad.
- UNE-EN ISO 12100:2012 Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010)
- UNE-EN 60034. Máquinas eléctricas rotativas. Características asignadas y características de funcionamiento.
- UNE-EN 61.000-6. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 6: Normas genéricas.
- UNE-EN 12050-1:2015 Plantas elevadoras de aguas residuales para edificios e instalaciones. Parte 1: Plantas elevadoras de aguas residuales que contienen materias fecales
- ITC MIE APQ-3: Almacenamiento Cloro.
- ITC MIE-APQ-6: Almacenamiento de líquidos corrosivos.
- Código API 650 sobre Tanques de Almacenamiento.
- Normas UNE sobre válvulas.
- UNE-EN 10346:2015 Productos planos de acero recubiertos en continuo por inmersión en caliente. Condiciones técnicas de suministro.

- UNE-EN ISO 12944-5:2018 Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 5: Sistemas de pintura protectores. (ISO 12944-5:2018).
- UNE-EN ISO 898-1:2015 Características mecánicas de los elementos de fijación de acero al carbono y de acero aleado. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones con clases de calidad especificadas. Rosca de paso grueso y rosca de paso fino. (ISO 898-1:2013).
- DIN 267
- UNE-EN 805:2000 Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.
- UNE-EN 598:2008+A1:2009 Tuberías, accesorios y piezas especiales de fundición dúctil y sus uniones para aplicaciones de saneamiento. Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE-EN 752:2018 Sistemas de desagües y de alcantarillado exteriores a edificios. Gestión del sistema de alcantarillado.
- UNE-EN 14992:2008+A1:2012 Productos prefabricados de hormigón. Elementos para muros.

Aparte de esta normativa, también se tendrá en cuenta toda la normativa incluida en el Pliego de Prescripciones Técnicas y en el Estudio de Seguridad y Salud los que corresponden a los documento número tres y cinco respectivamente del presente proyecto. Esta normativa no se ha incluido por ser más específica, pero será de igual cumplimiento obligatorio.

12. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía general

- [1] Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. Boletín Oficial del Estado <<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-21092>> [Consulta: 10 de Abril 2018]
- [2] Reutilización de aguas residuales < <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml> > [Consulta: 12 de Abril 2018]
- [3] Naciones Unidas < <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml> > [Consulta: 29 de Marzo 2018]
- [4] Reutilización del agua en España: El reto de la sostenibilidad hídrica. < <https://www.idencityconsulting.com/la-escasez-del-agua-espana-reto-la-sostenibilidad-hidrica/>> [Consulta: 29 de Marzo 2018]
- [5] Efectos ambientales y económicos de la reutilización del agua en España. < http://www.clmeconomia.jccm.es/pdfclm/melgarejo_clm_15.pdf > [Consulta: 29 de Marzo 2018]
- [6] La escasez del agua en España: el reto de la sostenibilidad hídrica<<https://www.idencityconsulting.com/la-escasez-del-agua-espana-reto-la-sostenibilidad-hidrica/>> [Consulta: 29 de Marzo 2018]
- [7] Escasez de agua en España < http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2007/01/24/159263.php> [Consulta: 29 de Marzo 2018]
- [8] La calidad del agua en Bizkaia. <<http://www.bizkaia.eus/home2/Archivos/DPTO9/Temas/Pdf/Resumen%20de%20la%20monograf%C3%ADa%20de%20la%20%20calidad%20medio%20acuático%20en%20bi.pdf?hash=c553fc52c207343cd39b0c19ca4a3a88>> [Consulta: 30 de Marzo 2018]
- [9] Tramitación de autorizaciones y concesiones de reutilización de las aguas regeneradas <http://www.euskadi.eus/contenidos/evento/2017_reutilizacion/es_def/adjuntos/04%20S.%20Hernandez.pdf> [Consulta: 15 de Abril 2018]

- [10] Experiencias prácticas de reutilización de aguas residuales en campos de golf <<https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/experiencias-practicas-de-reutilizacion-de-aguas-residuales-en-campos-de-golf>> [Consulta: 25 de Abril 2018]
- [11] Desmontando mitos sobre el uso de agua para los campos de golf<<https://www.iagua.es/blogs/xavi-duran-ramirez/desmontando-mitos-uso-agua-campos-golf-0>>[Consulta: 25 de Abril 2018]
- [12] 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. <<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1996-7159>> [Consulta: 25 de Abril 2018]
- [13] La plantilla del campo de golf de La Arboleda irá a la huelga por el impago de sus nóminas <<https://www.elcorreo.com/bizkaia/plantilla-campo-golf-20180410184049-nt.html>> [Consulta: 27 de Abril 2018]
- [14] De Luis, Ana, Apuntes Aguas y Medio Ambiente, UPV-EHU Bilbao, 2017
- [15] Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Guía para la Aplicación del R.D. 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas, 2010.
- [16] Estaciones de tratamiento de aguas<http://catedramln.unizar.es/files/cursos/2010-2011/estaciones_tratamiento_aguas/Quiroga.pdf> [Consulta: 4 de Mayo 2018]
- [17] Gonzalez Olabarria, Pedro M. Plantas de tratamiento de Aguas, AMV Ediciones, 2013]
- [18] Estación depuradora de aguas residuales<<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12885/PFC.pdf>> [Consulta: 11 de Mayo 2018]
- [19] Reutilización del agua de salida de EDAR para el riego de zonas verdes <http://www.premioconama.org/bo/bancorecursos/banco_imagenes/premios10/inscripciones/320_Memoria%20EDAR.pdf> [Consulta: 11 de Mayo 2018]
- [20] Filtración II: Selección del equipo de filtrado <<https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/filtracion-ii-seleccion-equipo-filtrado>> [Consulta: 11 de Mayo 2018]

- [21] Estudio sanitario del agua, filtración <<http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/filtracion.pdf>> [Consulta: 11 de Mayo 2018]
- [22] Aurelio Hernández Lehmann, Apuntes Sistemas de Abastecimiento y Saneamiento, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid 2018
- [23] Filtros de anillas <<http://galeon.com/elregante/anillas.html>> [Consulta: 15 de Julio 2018]
- [24] Filtros de Mallas Riegos <<https://www.materialesriegos.com/Materiales-de-Riegos/Filtros-de-Malla-Disco-para-Instalaciones-Riegos>> [Consulta: 15 de Julio 2018]
- [25] Tecnología de membranas <http://www.agua.imdea.org/sites/default/files/pdf/publicity/fichas/ESP/oferta_tecnologica_membranas.pdf> [Consulta: 15 de Julio 2018]
- [26] Osorio Robles Francisco, Torres Rojo Juan Carlos, Sánchez Bas Mercedes y Colaboradores. “Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes”. Junio 2011.
- [27] Microfiltración, Ultrafiltración, Nanofiltración y Ósmosis Inversa <<http://panachlor.com/?p=735>> [Consulta: 16 de Julio 2018]
- [28] Evaluación del tiempo de contacto efectivo en tanques de cloración con simulación CFD (Parte 1) <<https://www.iagua.es/blogs/francisco-jose-lara-garachana/evaluacion-tiempo-contacto-efectivo-tanques-cloracion-simulacion>> [Consulta: 17 de Julio 2018]
- [29] Investigación técnica y económica sobre desinfección de aguas residuales por sistemas de oxidación <http://oa.upm.es/14415/1/Gerardo_Gordillo_de_Coss.pdf> [Consulta: 17 de Julio 2018]
- [30] Tratamientos de desinfección <ftp://ceres.udc.es/Grado_IOP/Cuarto_Curso/Tratamiento%20de%20aguas/Apuntes/TEMA-desinfección.pdf> [Consulta: 18 de Julio 2018]
- [31] Pedro M. Gonzalez Olabarria, “Plantas de tratamiento de aguas” , AMV Ediciones, Año 2013.
- [32] Tecnologías de regeneración a aplicar en función de los usos establecidos en el Real Decreto 1620/2007 sobre reutilización de aguas depuradas y sus costes asociados <<http://www.ingenieriadelagua.com/2004/JIA/Jia2009/fs/CP24rev.pdf>> [Consulta: 20 de Julio 2018]
- [33] Apuntes de Proyectos de Ingeniería. Curso 2018-2019

- [34] Clasificación de las bombas <<http://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Clasificación+y+tipos+de+bombas.pdf/9eb9b616-ea47-0841-566b-3b49a93e83bf>> [Consulta: 10 de Septiembre 2018]
- [35] Bombas hidráulicas <<https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/4F8A02B4-A60A-42EA-9017-7C19F8722FA2/305689/Bombas2.pdf>> [Consulta: 10 de Septiembre 2018]
- [36] Transportadores por roca, tornillo de arquímedes <<http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/rosca%20helicodal.htm>> [Consulta: 15 de Septiembre 2018]
- [37] Bombas de hélice <http://www.hidrotecaguas.com/catalogos/Bombas_de_Helice_vertical_series_PL_y_LL.pdf> [Consulta: 15 de Septiembre 2018]
- [38] Segura Cobo, Jose Carlos “Maquinaria para Tratamiento y depuración de Aguas” Editorial: Bellisco, Año: 2009
- [39] Recomendaciones sobre depósitos de agua potable, Asociación Española de abastecimiento de agua y saneamiento <<https://www.asoaeas.com/sites/default/files/Documentos/AEAS.%201990.%20Recomendaciones%20sobre%20depositos%20de%20agua%20potable.pdf>> [Consulta: 20 de Enero de 2019]
- [40] Ilurco depósitos metálicos <<https://www.ilurco.com>> [Consulta: 25 de Enero de 2019]
- [41] Cabrera, E., Espert, V., Garcia-Serra, J, Martinez, F., “Ingeniería Hidraulica, Aplicada a los sistemas de Distribución de Agua”, Universidad Politécnica de Valencia. Ediciones AV, Año1996
- [42] Bombas Submersíveis para Águas Residuais Gama ABS XFP 80C - 201G <https://www.sulzer.com/spain/-/media/files/products/pumps/submersible-pumps/product-information/submersible-heavy-duty-pumps/submersible-sewage-pump-type-abs-xfp/technical-data-sheets/technical_data_sheet_xfp_80c_201g_50hz_brazil_portuguese.ashx?la=pt-br> [Consulta: 15 de Diciembre de 2018]
- [43] Filtro de malla autolimpiante. FMA 2000<<http://www.stf-filtros.com/es/filtros-malla-autolimpiante/fma2000e>> [Consulta: 20 de Diciembre de 2018]
- [44] Sistema de desinfección por UV Serie LBX<<https://www.xylem.com/es-es/products-services/treatment-products--systems/disinfection-and-oxidation/uv-disinfection-systems/lbx-series-uv-disinfection-system>> [Consulta: 27 de Diciembre de 2018]

- [45] Depósito para almacenamiento de productos químicos <<https://biotanks.es/productos/deposito-quimico/>> [Consulta: 4 de Enero de 2019]
- [46] Tuberías de fundición dúctil <<https://www.pamline.es/tuberia-fundicion-ductil>> [Consulta: 15 de Enero de 2019]
- [47] Bombas sumergibles <<https://www.sulzer.com/es-es/spain/products/pumps/submersible-pumps>> [Consulta: 20 de Septiembre de 2018]
- [48] Filtros de malla para riego <<https://lama.es/filtros-malla-para-riego/>> [Consulta: 22 de Diciembre de 2018]
- [49] Filtros metálicos de malla<<https://www.gesfilter.com/producto/filtros-metalicos-de-malla/>> [Consulta: 22 de Diciembre de 2018]
- [50] Desinfección UV para Aguas Residuales <<https://www.trojanuv.com/es/aplicaciones/aguasresiduales>> [Consulta: 28 de Diciembre de 2018]
- [51] Equipos desinfección UV <https://www.arrufat-si.com/equipos-desinfeccion-uv/?gclid=Cj0KCQjwj9LkBRDnARIsAGQ-hUezjGPUAm9IhSdoBGktq3iDiIp1NRuigZDwkqo-7X4fy4g_HOEU4P4aAg80EALw_wcB> [Consulta: 28 de Diciembre de 2018]
- [52] Isla de Juana , Ricardo , “Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas” , Editorial: Bellisco, Año: 2005.
- [53] Tratamientos avanzados del Agua <ftp://ceres.udc.es/master_en_ingenieria_del_agua/master%20antiguo_antes%20del%202012/Segundo_Curso/Tratamientos_Avanzados_del_Agua/presentaciones/Present%2010%20-%20cloración.pdf> [Consulta: 2 de Enero de 2019]
- [54] Aguera Soriano, Jose “Mecánica de fluidos incomprensibles y Turbomáquinas hidráulicas”. Barakaldo 2001
- [55] Arriaga Bayo, Pedro Apuntes de la asignatura “Mecánica de Fluidos e Hidráulica” de UPV/EHU
- [56] Madrazo Uribeetxebarria, Eneko Apuntes de la asignatura “Gestión de Recursos Hidráulicos” de la UPV/EHU

- [57] Apuntes Universidad de Granada de “Diseño del sistema de tuberías y calculo de bombas” <<https://www.ugr.es/~aulavirtualpfcicq/descargas/documentos/BOMBAS%20Y%20TUBERIAS.pdf>> [Consulta: 20 de Enero de 2019]
- [58] Redes de Abastecimiento de Agua: Componentes Fundamentales en las Redes <<http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/redes/modulos/Libros/unidad%202/tuberias.PDF>> [Consulta: 22 de Enero de 2019]
- [59] Redes de saneamiento, Diseño, elementos, y materiales <https://www.ugr.es/~iagua/LICOM_archivos/Tema_SA5a.pdf> [Consulta: 22 de Enero de 2019]
- [60] Canalizaciones de fundición dúctil <https://ecatalog.pamline.com/?document=gamas&lg=es_ES> [Consulta: 24 de Enero de 2019]
- [61] Hidráulica. Generalidades. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real <https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Hidraulica/Temas/Tema1.pdf> [Consulta: 25 de Enero de 2019]
- [62] Diagrama de Moody <<https://raulsmtz.wordpress.com/2011/03/30/diagrama-de-moody/>> [Consulta: 26 de Enero de 2019]
- [63] Proyecto fin de carrera: Estación depuradora de Aguas Residuales Los Montesinos-Alicante <https://sirio.ua.es/proyectos/proyecto1/0107_2.pdf> [Consulta: 27 de Enero de 2019]
- [64] Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. <<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8668&b=2&tn=1&p=20150704#a1>> [Consulta: 30 de Enero de 2019]
- [65] Recomendaciones y pautas de señalización de una EDAR <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/20028/fichero/9_SENALIZACIÓN%252F9_SEÑALIZACIÓN+DE+LA+EDAR.pdf> [Consulta: 27 de Enero de 2019]

Apuntes

• **UPV-EHU**

- Ingeniería Ambiental.
- Aguas y Medio Ambiente.
- Proyectos de Ingeniería.
- Mecánica de fluidos e hidráulica.
- Gestión de Recursos hidráulicos e instalaciones.
- Obras de Abastecimiento y saneamiento.
- Construcción y obras.

• **Universidad Politécnica de Madrid**

- Sistemas de Abastecimiento y Saneamiento.

Programas informáticos

- AutoCAD.
- Microsoft Office Word.
- Microsoft Office Excel.

Entrevistas

- María Martín, Gerente de Meaztegi Golf (La Arboleda), < T. 946 36 43 70 > , [22 de Febrero de 2018].

ANEJO N°1
DIMENSIONAMIENTO DEL
TRATAMIENTO TERCIARIO
Y DE LOS DEPÓSITOS DE AGUA
REGENERADA

ÍNDICE DEL ANEJO N°1: DIMENSIONAMIENTO DEL TRATAMIENTO TERCIARIO Y DE LOS DEPÓSITOS DE AGUA REGENERADA

ANEJO N°1	109
DIMENSIONAMIENTO DEL TRATAMIENTO TERCIARIO Y DE LOS DEPÓSITOS DE AGUA REGENERADA	109
ÍNDICE DE FIGURAS	112
ÍNDICE DE TABLAS	113
1. INTRODUCCIÓN	114
2. CAUDALES DE ENTRADA AL TRATAMIENTO TERCIARIO	115
3. INICIO DEL TRATAMIENTO TERCIARIO	116
4. BOMBEO INICIAL	117
4.1 Parámetros de partida y dimensionamiento del pozo de bombeo	117
4.2 Elección de la bomba	118
4.3 Instalación de la bomba	119
5. FILTRACIÓN	120
5.1 Introducción	120
5.2 Parámetros de partida de filtración	120
5.3 Parámetros de funcionamiento del equipo de filtración	121
5.4 Descripción del equipo	122
5.5 Instalación del equipo de filtración	125
5.6 Lavado del filtro	126
6. DESINFECCIÓN	127
6.1 Introducción	127
6.2 Parámetros de partida de desinfección	127
6.3 Equipo seleccionado	129
6.4 Instalación del equipo de Rayos UV	132
7. CLORACIÓN DE MANTENIMIENTO	133
7.1 Introducción	133
7.2 Descripción del tanque de cloración	133
7.3 Parámetros de cloración	134
7.4 Resultados	135
7.5 Almacenamiento y dosificación del reactivo	135

7.6 By-pass de cloración	136
8. PARÁMETROS DEL AGUA REGENERADA	137
9. DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO	138
9.1 Introducción	138
9.2 Diseño del almacenamiento	140
<i>9.2.1 Tipos de almacenamiento</i>	<i>140</i>
<i>9.2.2 Solución adoptada y diseño</i>	<i>141</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Inicio del sistema terciario (Fuente: Propia)	116
Figura 2: Modelos de bombas ABS (Fuente: Sulzer)	118
Figura 3: Equipo de filtración FMA 2003 (Fuente: STF Filtros)	123
Figura 4: Equipo de filtración e instalación (Fuente: Propia)	125
Figura 5: Equipo Wedeco LBX 90 (Fuente: Wedeco)	129
Figura 6: Detalle de disposición de las lámparas paralelas al flujo (Fuente: Wedeco)	131
Figura 7: Equipo de Rayos UV e instalación (Fuente: Propia)	132
Figura 8: Detalle del laberinto de cloro (Fuente: Propia)	134
Figura 9: Depósito para productos químicos (Fuente: BIOTanks)	136
Figura 10: Problemas de degradación de la calidad de agua regenerada almacenada (Fuente: Guia para la aplicación del R.D. 1620/2007)	140
Figura 11: Depósito Ilurco (Fuente: Ilurco)	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros EDAR La Arboleda (Fuente propia basada en información del Consorcio de Aguas de Bilbao)	120
Tabla 2: Parámetros Equipo 2003 (Fuente propia basado en catálogos de STF filtros)	121
Tabla 3: Características equipo FMA 2003 de malla 10 micras (Fuente: STF filtros)	124
Tabla 4: Parámetros Rendimientos de equipo de Filtración (Fuente propia basado en catálogos STF Filtros)	127
Tabla 5: Parámetros antes y después de la filtración (Fuente: Propia)	128
Tabla 6: Parámetros a lograr en la desinfección (Fuente propia basado en R.D. 1620/2007)	128
Tabla 7: Características de equipos LBX (Fuente: Wedeco)	130
Tabla 8: Parámetros finales de agua regenerada (Fuente: Propia)	137
Tabla 9: Necesidad de agua en Campo de Golf Meaztegi en año medio y en año seco (Fuente propia basado en datos de Global Golf Company)	138
Tabla 10: Dimensiones de un depósito Ilurco modelo 12 (Fuente: Ilurco)	142

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo el correcto diseño y dimensionamiento del tratamiento terciario y los depósitos de almacenamiento de agua regenerada que se van a implantar en la EDAR de La Arboleda.

Como se determinó en la memoria, en concreto, en el estudio de alternativas, el tratamiento terciario a dimensionar es un filtrado y una desinfección Rayos UV y una Cloración de mantenimiento.

Antes de la filtración e inmediatamente después del tratamiento secundario ya existente en la EDAR de La Arboleda, se diseñará un bombeo para que el agua pueda alcanzar todos los puntos de la red del sistema terciario.

Respecto a los depósitos de almacenamiento, serán capaz de recoger el caudal procedente del tratamiento terciario, en concreto, de la última etapa de cloración final y contener el agua regenerada hasta su demanda.

2. CAUDALES DE ENTRADA AL TRATAMIENTO TERCIARIO

El tratamiento terciario a diseñar para la EDAR de La Arboleda tiene que ser capaz de asumir los caudales procedentes del tratamiento secundario. Esto corresponde a los siguientes caudales facilitados por el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia:

- Caudal medio: 32 m³/h.
- Caudal máximo: 80 m³/h.
- Caudal punta: 64 m³/h.

El caudal de diseño para el presente proyecto será el máximo y se tratará la totalidad del agua procedente del tratamiento secundario, esto es, el de 80 m³/h. Todos los equipos que se seleccionen en el presente documento deberán ser capaces de recoger este caudal.

3. INICIO DEL TRATAMIENTO TERCIARIO

El tratamiento terciario comenzará después de la decantación secundaria. En la actualidad, después de la decantación, el agua se conduce a una cámara de contacto para su cloración y su posterior vertido. Sin embargo, en la nueva ampliación de la EDAR se opta por recoger el agua después de su decantación secundaria, en concreto en la arqueta de salida del decantador secundario y realizar un bombeo, una filtración y una desinfección y desviarla de nuevo al tanque de mezcla ya existente para su cloración final. De esta forma se aprovechará el tanque de contacto de cloración ya existente en la EDAR de la Arboleda.

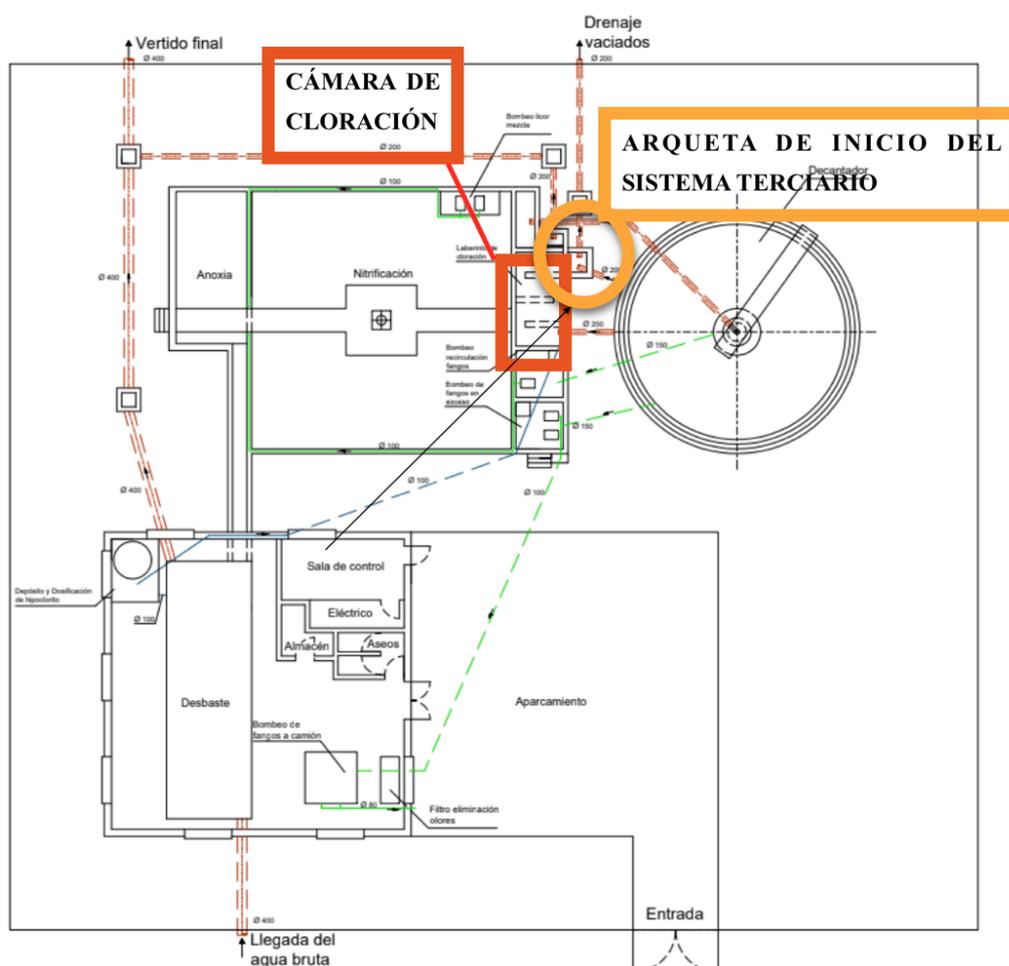


Figura 1: Inicio del sistema terciario (Fuente: Propia)

A continuación se procede al diseño del bombeo inicial, la filtración, desinfección UV, cloración y los depósitos de almacenamiento.

4. BOMBEO INICIAL

El pozo de bombeo inicial se va a ubicar después de la decantación secundaria de la actual EDAR de La arboleda. Se recogerá el agua de la arqueta de salida adyacente al tanque de cloración y de ahí el agua se impulsará para que llegue a todos los puntos del tratamiento secundario, de esta forma no será necesario incluir impulsiones en ningún otro punto de la red.

Para la correcta elección del bombeo se ha utilizado la siguiente bibliografía:

- “Ingeniería Hidráulica, Aplicada a los sistemas de Distribución de Agua” , Universidad Politécnica de Valencia. [41]
- “Maquinaria para Tratamiento y depuración de Aguas” de Jose Carlos Segura Cobo (Editorial: Bellisco, Año: 2009). [38]

4.1 Parámetros de partida y dimensionamiento del pozo de bombeo

Los parámetros de partida para la esta primera etapa del proyecto son los siguientes:

- Tiempo de retención (tr): 5 minutos= 300 segundos. [38]
- Caudal de diseño: 80 m³/h= 22,22 l/s

Teniendo en cuenta los parámetros de partida, se calcula el volumen a bombear en el presente proyecto:

- Volumen de bombeo (Vb): $V_b = Q \cdot t_r = 22,22 \text{ l/s} \cdot 300 \text{ s} = 6666 \text{ l} \approx 7 \text{ m}^3$

Teniendo en cuenta las especificaciones de la bibliografía consultada y los bombeos existentes en la actualidad en la EDAR de La Arboleda, se ha optado por que el pozo de bombeo tenía las siguientes dimensiones: 2 metro de ancho y 2 de largo. Con el volumen anterior y estas dimensiones se calcula la altura:

- Altura (h) $h = \frac{7 \text{ m}^3}{2 * 2} = 1,75 \text{ metros}$

El pozo para contener todo el volumen de bombeo le bastará con ser de 2x2x 1,75. Sin embargo se le dará un poco de margen y se va a dimensionar para 2x2x2 metros.

Con estas nuevas dimensiones el volumen de bombeo es el siguiente:

- Volumen de bombeo (Vb): $V_b = 2 * 2 * 2 = 8 \text{ m}^3$

4.2 Elección de la bomba

Dentro del pozo de bombeo se encontrará el elemento impulsor, la bomba. La bomba de impulsión deberá de ser capaz de cumplir con los siguientes parámetros de partida:

- Caudal de diseño: $80 \text{ m}^3/\text{h} = 22,22 \text{ l/s}$
- Altura a suministrar al fluido: 2 m. Se ha calculado en el Anejo 2: Cálculo de la línea de presión el tratamiento terciario.

Una vez delimitados los parámetros de partida y consultar las ofertas de bomba en el mercado se ha decidido elegir la bomba ABS de la empresa distribuidora Sulzer. En la siguiente imagen se clasifican las bombas en función de los parámetros de partida: [42, 47]

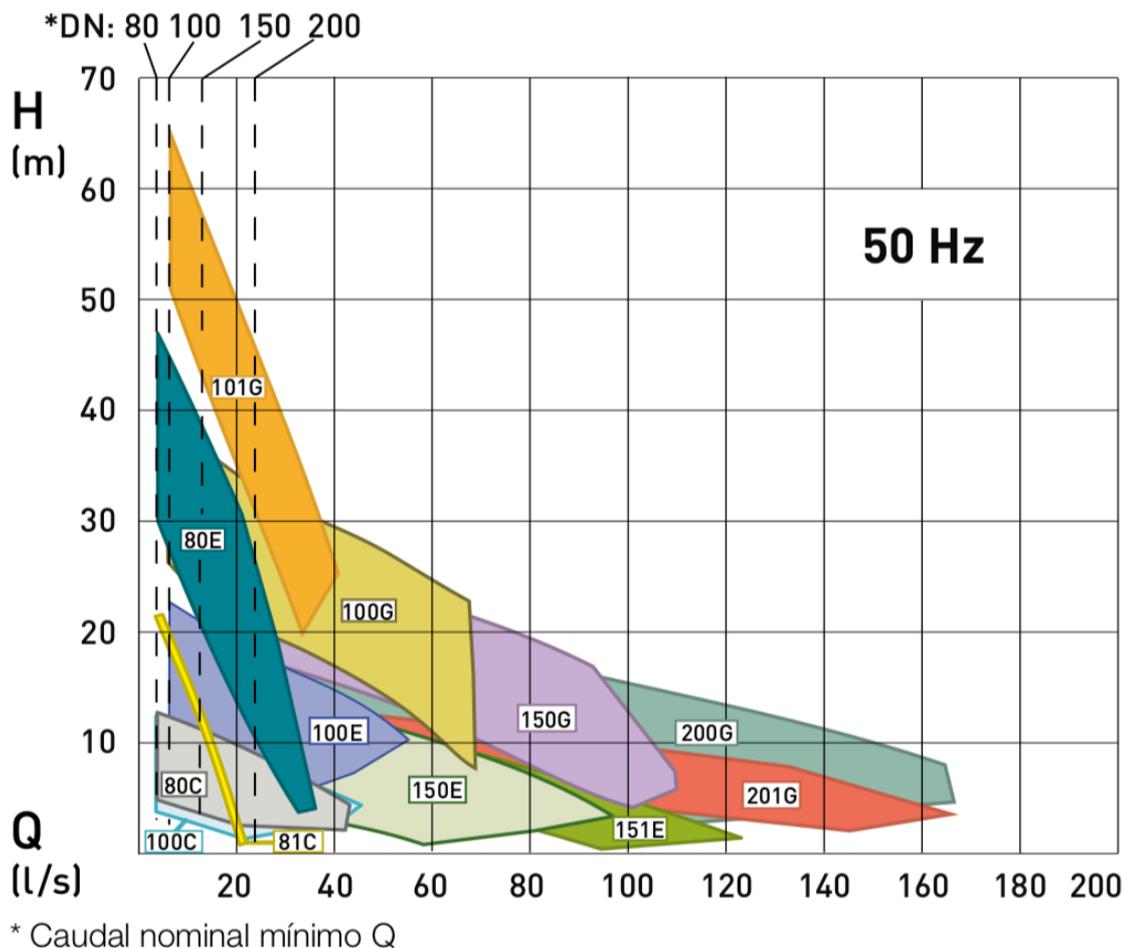


Figura 2: Modelos de bombas ABS (Fuente: Sulzer)

Con esa tabla y la información obtenida de la empresa Sulzer la bomba elegida es la siguiente:

- Bomba ABS- XFP Modelo 100C- CB1 PE 22/4
- Frecuencia: 50 Hz
- Caudal: 5-42 l/s
- Tensión: 400 V
- Potencia: 2,5 kW
- Revoluciones: 1450 r/min
- Peso: 110 kg una unidad
- Número de unidades: 2 unidades instaladas y 1 desmontada

4.3 Instalación de la bomba

En resumen de lo citado anteriormente, el pozo de bombeo tendrá las dimensiones 2x2x2 metros y un volumen de 8 m³.

Este pozo contendrá dos bombas, las dos instaladas, una para el uso continuo y la otra de reserva para que en caso de averías de la primera, no se interrumpa la impulsión en la red. Además se dispondrá de una tercera bomba desmontada y guardada en el almacén para su rápida instalación en caso de que fuera necesario.

5. FILTRACIÓN

5.1 Introducción

La filtración se ubicará seguidamente del bombeo inicial. Se utiliza para afinar los parámetros físico-químicos provenientes de la decantación ya que esto ayudará a la efectividad del tratamiento de desinfección. En concreto, como se ha indicado en la memoria descriptiva, se reducirán los sólidos totales en suspensión, la turbidez y los nematodos intestinales para el cumplimiento de la ley de reutilización.

Estos equipos son prefabricados y se caracterizan por tener una mínima obra civil, tener dimensiones pequeñas y la efectividad en filtración es elevada. Para la elección de este equipo solo habrá que tener en cuenta los parámetros de entrada al equipo y el caudal de diseño y compararlos con las prestaciones de los equipos que hay en el mercado actual.

5.2 Parámetros de partida de filtración

En la siguiente tabla se recogen los parámetros del efluente proveniente de la decantación secundaria que se desea conducir a la filtración del nuevo tratamiento terciario de la EDAR La Arboleda, la fuente de los valores de la tabla son los proporcionados por el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia.

Tabla 1: Parámetros EDAR La Arboleda (Fuente propia basada en información del Consorcio de Aguas de Bilbao)

PARÁMETROS	VALORES MEDIOS DEL EFLUENTE EDAR LA ARBOLEDA
D.Q.O (mg/L O ₂)	35,4
S.S.T (mg/l)	16
N.NH ₃ (mg/l N)	0,4
P-PO ₄ (mg/l P)	1,7
Turbidez (UNT)	7
Caudal de diseño (m ³ /h)	80
Presión (bar)	7

Además, cabe introducir que a pesar de no tener información de los nematodos intestinales existentes en el agua, el filtro se diseñara para el cumplimiento de la Ley de reutilización. El tamaño de los nematodos intestinales es de 20-200 micras y los filtros deberán estar pensados para retenerlos en la malla filtrante. Por lo tanto, la malla debe ser de 20 micras o menor.

La Ley de reutilización vigente también contempla el parámetro de E. Coli, pero este se reducirá en la desinfección, se introducirán en el siguiente punto del presente anejo (6. Desinfección). [15, 22]

5.3 Parámetros de funcionamiento del equipo de filtración

Tras consultar diferentes catálogos de empresas de equipos de filtración y contrastarlos con los parámetros indicados en el apartado anterior, se ha optado por escoger los catálogos de la empresa *STF Filtros*, sobre todo por adecuarse a el caudal a tratar y por la retención de las mallas, las cuales son adecuadas en tamaño para retener Sólidos en suspensión y Nematodos Intestinales.

Debido a todos los tipos de filtros que hay y que cada uno tiene distintos parámetros de entrada, tras consultar con la empresa, los filtros más adecuados teniendo en cuenta los parámetros y el caudal, se ha escogido el filtro de malla Modelo FMA 2003 de Acero Inoxidable. Los parámetros facilitados se recogen en la siguiente tabla: [43, 48, 49]

Tabla 2: Parámetros Equipo 2003 (Fuente propia basado en catálogos de STF filtros)

Parámetros Modelo 2003 Acero Inoxidable	Valores
Presión de trabajo máxima /mínima	2 bar/ 10 bar
Temperatura máxima	50 °C
Caudal máximo	120 m³/h
Tamaño de filtro	10 micras

Una vez conocidos los parámetros del agua de la EDAR y los parámetros del equipo, se van a contrastar y decidir si es necesario algún pretratamiento para cumplir con los parámetros y en consecuencia para el correcto funcionamiento de los equipos.

En primer lugar, la presión de funcionamiento del equipo FMA 2003 está comprendida entre 2 y 10 bar. Según los datos facilitados por el Consorcio de aguas, la presión después del tratamiento secundario es de 7 bares por lo tanto estaría dentro del rango, entre 2 y 10 bares. Además se ha tenido en cuenta en el Anejo 2, en el cálculo de la línea de presión dicha presión y la pérdida de carga del equipo. Por ello el equipo tiene la presión suficiente para su funcionamiento.

En segundo lugar, el caudal máximo del equipo es de 120 m³/h. Como el caudal de diseño es de 80 m³/h, por ser el más próximo el caudal que se desea tratar se ha escogido este. Así, siempre será superior el caudal del equipo al de diseño para garantizar que se va a tratar el caudal bajo cualquier circunstancia.

En cuanto a la temperatura, se considera que el afluente tendrá la temperatura ambiente, en pocas ocasiones mayor a 30 °C y en ninguno caso mayor a 50 °C.

Por último, como se indica en el apartado anterior, se desconocen los nematodos intestinales que hay en el agua, pero como estos huevos tienen el tamaño de 20 a 200 micras, se ha escogido la malla de 10 micras de tal manera que no pasará ninguno, así garantizaremos que el agua en la salida cumpla con la ley.

5.4 Descripción del equipo

Una vez comprobado que los parámetros de la EDAR La Arboleda cumple con los requisitos de los parámetros de funcionamiento del equipo, se procede a la descripción del equipo seleccionado. Todo lo que se va a mencionar a continuación se ha extraído del catálogo de STF filtros.

El equipo seleccionado es el FMA 2003, este equipo es un filtro de malla autolimpiante de accionamiento eléctrico. Tiene como ventajas que tiene muy bajo consumo de agua de limpieza, la filtración es continua y no se detiene el flujo durante la limpieza.

Está formado por una carcasa exterior en la que tiene tres cámaras diferenciadas. Una para el desbaste que coincide con la boca de entrada del agua al filtro y en la que se sitúa la malla gruesa que se utiliza como prefiltro.

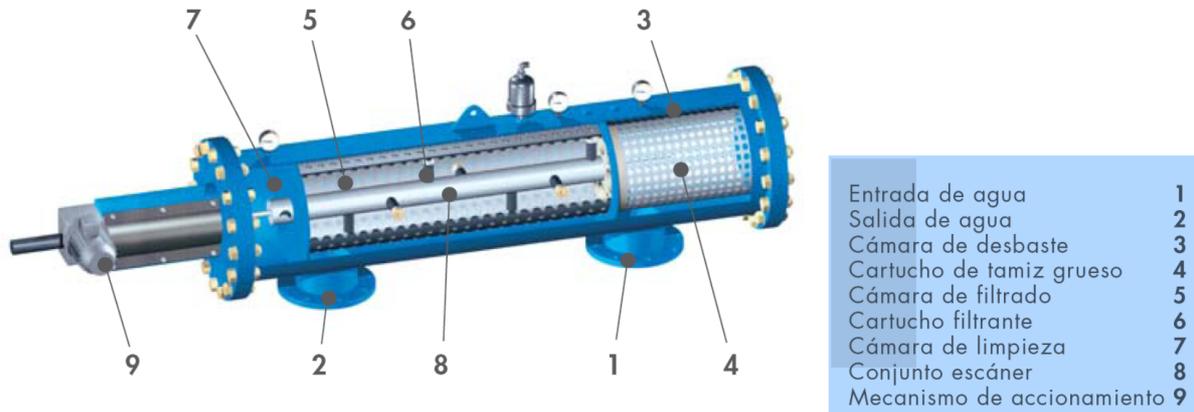


Figura 3: Equipo de filtración FMA 2003 (Fuente: STF Filtros)

La circulación del agua se produce desde fuera hacia dentro del filtro. Una vez el agua entra al interior del filtro el agua entra a una segunda cámara, la cámara de filtrado donde se encuentra la malla de filtración, lo que es el elemento filtrante.

La suciedad retenida se va acumulando sobre la malla filtrante y va a generar una pérdida de carga. La limpieza del filtro se realizará en una tercera cámara, la de limpieza, la que se conecta en la salida con la válvula de drenaje que permite la evacuación del agua de lavado cuando se produce el proceso en el que el filtro se autolimpia. La cámara de limpieza está separada de la filtración mediante un sellado.

Por último se explica el escáner de succión. Este escáner ocupa la posición exacta que ocuparía el eje central del cartucho filtrante, y se encuentra conectado hidráulicamente a la cámara de limpieza. A su vez, y en la zona que el mismo ocupa en la cámara de filtración se disponen perpendicularmente las boquillas de succión, llegando con las cerdas de Nylon a

pocas micras de la malla. La situación de estas boquillas en el escáner de succión está estudiada para entrar en contacto con toda la superficie interior de la malla, gracias al movimiento en espiral que el motor eléctrico le proporciona al escáner: al combinar un desplazamiento longitudinal y de rotación.

Tabla 3: Características equipo FMA 2003 de malla 10 micras (Fuente: STF filtros)

Características técnicas

MODELO	2003	2004	2006	2008	2010	2012	2014
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Diámetro Entrada/Salida ⁽¹⁾	DN-80 (3")	DN-100 (4")	DN-150 (6")	DN-200 (8")	DN-250 (10")	DN-300 (12")	DN-350 (14")
Presión de trabajo máx./mín.	2 bar / 10 bar (Otras consultar)						
Temperatura máx. del fluido	50 °C (Hasta 95 °C bajo pedido)						
INOXIDABLE							
Caudal Máximo (m ³ /h)	120	235	500	700	1.150	1.400	1.800
Superficie filtrante bruta (cm ²)	2.650	5.380	7.990	10.600	13.210	16.500	21.300
Superficie filtrante neta (cm ²)	2.200	4.390	6.900	9.400	11.900	14.700	19.150
Peso en vacío (kg)	261	304	382	439	495	675	753
Tamaños de filtración	1.000, 500, 300, 200, 125, 100, 80, 50, 25, 20 y 10 micras						
CONTRALAVADO							
Válvula de contralavado	Rosca G-2"						
Duración del ciclo de lavado	25 segundos						
Caudal de lavado (m ³ /h)	5	10	15	20	25	20	25
Consumo de agua por lavado (litros)	35	70	105	140	175	140	175
DATOS ELÉCTRICOS							
Tensión de alimentación	220 V AC 50 Hz Monofásico (Opcional 400 V AC Trifásico y 12 V DC)						
Tensión de control	24 V DC (12 V DC en alimentación 12 V DC)						
Potencia del motor eléctrico	0,37 kW (0,25 kW en opción 12 V)						
Consumo del motor eléctrico	1,4 A						
MATERIALES ESTÁNDAR							
Cuerpo del filtro y tapas	Acero al carbono S-235-JR						
Tratamiento de acabado	Recubrimiento con pintura en polvo epoxy-poliéster polimerizada en horno.						
Escáner aspiración	Acero inoxidable AISI-304						
Mallas filtrante	Acero inoxidable AISI-316						
Boquilla de succión	PVC con anillo en acero inoxidable AIS 316 y cerdas de nylon						
Válvulas de limpieza	Cuerpo de latón con muelle y eje en acero inox. y tapa en poliamida.						
Tornillería	Bicromatada calidad 5.6 y 5.8						
Juntas	NBR – EPDM - Viton						

5.5 Instalación del equipo de filtración

El equipo de filtración se va a instalar en la EDAR de La Arboleda por al empresa *STF filtros*. Consta de un único equipo que será capaz de recibir 120 m³/h, un caudal superior al de diseño de 80 m³/h. Al ser un único equipo su instalación será fácil, bastará con conectarlo a la red del agua proveniente de la decantación secundaria en una disposición horizontal.

Por ser un equipo prefabricado la obra civil será mínima y su instalación será rápida. La empresa entregará el filtro de forma rápida y en el incluirá los manuales de operación, instrucciones de mantenimiento y un calendario de mantenimiento preventivo. Además STF Filtros realiza sus procesos teniendo en un Sistema Integrado de Gestión de la Calidad ISO 9001 y el Medioambiente ISO 14001, certificados por AENOR. La empresa durante la instalación se ocupará de la puesta de todos los equipos necesarios del filtro.

Adicionalmente, será necesarios incluir válvulas reguladoras de caudal en la entrada y salida del filtro, las que permitirán la entrada de todo el caudal o de nada, para así permitir aislarlo de la conducción. Para evitar cortes de suministro durante el mantenimiento se pondrá un by-pass. Se instalará una válvula antirretorno en la salida para evitar posibles golpes de ariete en el filtro. A continuación se muestra en la figura un croquis de la disposición de la maquinaria:

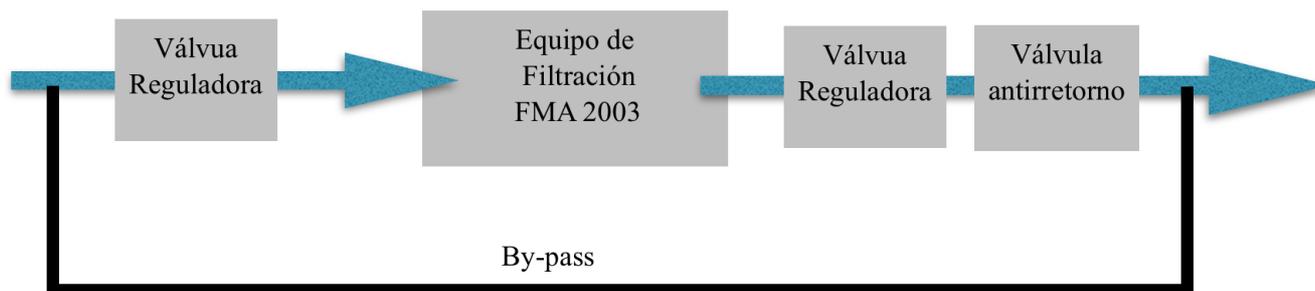


Figura 4: Equipo de filtración e instalación (Fuente: Propia)

5.6 Lavado del filtro

El lavado del filtro se realiza en un ciclo de lavado de 25 segundos y tiene un caudal de 5 m³/h. El equipo tiene un sistema en el que utiliza el agua que entra en la filtración para el lavado. Durante el lavado, el cual se hace sin interrumpir la filtración, retiene las partículas y parte del agua entrante y lo evacua por un lateral, el agua que consume es de agua en 35 litros y se llevarán mediante un conducto de 60 milímetros a la línea de fangos, en concreto al tanque de almacenamiento de fangos.

6. DESINFECCIÓN

6.1 Introducción

La desinfección se realizará posterior a la filtración. Este proceso tiene como objetivo la eliminación o desactivación de los organismos patógenos contenidos en el agua que pueden ser dañinos para la salud de los seres vivos. La solución adoptada en el estudio de alternativas es de un tratamiento de desinfección mediante rayos UV y una cloración final. Estos dos procedimientos permitirán que el agua de salida de la EDAR sea apta para su posterior reutilización y cumplirá la legislación vigente de reuso de aguas en concreto cumplir con el parámetro establecido de E. Coli.

En este apartado se diseñará el equipo de rayos UV, mientras que en el apartado siete del presente proyecto se diseñará la cloración de mantenimiento.

6.2 Parámetros de partida de desinfección

El agua recibida en la desinfección proviene de la filtración, por lo tanto ha sido alterada respecto a los parámetros iniciales del efluente proveniente del tratamiento secundario.

En la filtración se habrá reducido los sólidos totales en suspensión, la turbidez y los nematodos intestinales. De acuerdo a los rendimientos del equipo de filtración estos parámetros se verán reducidos en estos porcentajes:

Tabla 4: Parámetros Rendimientos de equipo de Filtración (Fuente propia basado en catálogos STF Filtros)

Parámetros	Rendimientos (%)
Nematodos intestinales	<1 unidad de longitud
Turbidez	40 %
SST	50 %

Con los rendimientos se han calculado los nuevos parámetros:

Tabla 5: Parámetros antes y después de la filtración (Fuente: Propia)

Parámetros	Reducción de parámetros (%)	Antes de la Filtración	Después de la Filtración
Nematodos intestinales	<1 unidad de longitud	Desconocidos	Se eliminan todos
Turbidez	40 %	7 NTU	4,2 NTU
SST	50 %	16 mg/l	8 mg/l

Como se observa en la tabla y se ha mencionado anteriormente, se desconocen los nematodos antes de la filtración, sin embargo con la malla de filtración escogida de 10 micras no se permitirá el paso de ningún nematodo intestinal, ya que su tamaño oscila entre 20 y 200 micras. [22]

Estos parámetros de partida, por una parte permiten cumplir con la legislación de reutilización y por otra, afinan los parámetros para que sea más eficaz la desinfección mediante UV.

En la desinfección el parámetro que se desea eliminar es el E. Coli. Este parámetro se desconocen en el agua pero tendrá que alcanzar el valor establecido por la ley de reutilización.

En la siguiente tabla se muestran el valor marcado por la ley de reutilización de aguas residuales el cual será el que se quieren alcanzar en este proceso: [15]

Tabla 6: Parámetros a lograr en la desinfección (Fuente propia basado en R.D. 1620/2007)

Parámetros a lograr en desinfección	Valores de la legislación vigente
Escherichia Coli UFC/ 100 ml	<100-200

6.3 Equipo seleccionado

Tras consultar diferentes catálogos de empresas de equipos de Rayos UV y contrastarlos con los parámetros indicados en el apartado anterior, se ha optado por escoger los catálogos de la empresa *Wedeco*, empresa líder en el sector. Los equipos se adecuan a el caudal a tratar y además cumplen con la desinfección necesaria. [44, 50, 51]

A continuación se explica las características del equipo seleccionado por los datos facilitados por *Wedeco*. El equipo para el tratamiento de agua es el Wedeco LBX el modelo 90. El caudal de entrada del equipo es de 83 m³/h. Este caudal permite recibir el caudal de diseño que es de 80 m³/h. Las dimensiones del reactor son las siguientes: 1.530 x 388 x 275 mm.



Figura 5: Equipo Wedeco LBX 90 (Fuente: Wedeco)

ANEJO N°1: DIMENSIONAMIENTO DEL TRATAMIENTO TERCIARIO Y DE LOS DEPÓSITOS DE AGUA REGENERADA

Las características del equipo son las siguientes:

Tabla 7: Características de equipos LBX (Fuente: Wedeco)

LBX Series - System Specification														
Model #	3	10	20	33	50	90	120	200	400	550	850	1000	1500	
Standards	CE					CE, UL, cUL								
UV Transmittance	20 - 98													
Flow Rate (m³/h / GPM)**	2.6 / 11	10.2 / 45	21.7 / 96	29.3 / 129	45.1 / 199	83 / 365	127 / 559	216 / 951	347 / 1528	536 / 2360	717 / 3157	911 / 4011	1346 / 5926	
Bioassay Tested	N/A					Yes *	N/A			Yes *	N/A			Yes *
UV Lamps and Monitoring System														
Power Per Lamp (W) Approx.	80					315								
Number of UV Lamps	1	3	6	8	12	4	6	10	16	24	32	40	60	
Lamp Certification	N/A					3rd Party on Aging and UV-C Output								
UV Intensity Monitoring	Germinicidal, DNORM Compliant													
Dose Pacing (Variable Power)	N/A					Optional								
Individual Lamp Monitoring	Yes					Yes								
UV Reactor														
Protection Class	IP 65					IP 65 / NEMA 4X								
Automatic Wiping System	N/A	Optional												
Reactor Material	Stainless Steel 1.4304 / 1.4435 (ASTM 316L)													
Flange Sizes	R 1 ½"	DN 50	DN 80	DN 100	DN 150 / ANSI 6"	DN 200 / ANSI 8"	DN 250 / ANSI 10"	DN 300 / ANSI 12"	DN 400 / ANSI 16"	DN 500 / ANSI 20"				
Reactor Shape	U or Z										L	U or Z	L	
Reactor Length (MM / Inch) Approx.	930 / 37					1530 / 60	1540 / 61			2400 / 95				
Operating Pressure (Bar/PSI), Max.	10 / 145	16 / 232				16 / 232	10 / 145							
UV System Control Cabinet														
Controller	Microprocessor					EcoTouch or PLC								
Common Outputs	System Status, Lamp Status, Alarm Messages, Process Values													
Bus Communication	N/A					Yes								
Protection Class	IP 54					IP 54 / cUL Type 12 (4X Optional)								
Supply Voltage (V / V / Hz)	230 V / 50 - 60 Hz (TN-S-net, TN-C-net)					CE: 400/230 +/- 10%, 50 Hz (TN-S Net) cUL: 480/277 +/- 10%, 60 Hz (5 Wire WYE; L1,L2,L3,N,GND)								
Power Consumption (kW) Approx.	0.1	0.34	0.6	0.76	1.1	1.72	2.38	3.7	5.69	8.33	11.19	13.84	20.57	

El equipo seleccionado es de reactor UV cerrado a presión, ya que el espacio que tenemos en la planta es limitado y se quiere realizar la mínima expropiación. La transmitancia del reactor será de 254 nm y da una dosis 40mJ/cm². Se garantizan que se eliminan muchos patógenos,

parasitos, bacterias y virus, entre ellos están incluidos el necesario a eliminar en el presente proyecto; E. Coli. El E. Coli se eliminará al 99 %. Esta tecnología no general subproductos y esta exenta de productos químicos.

El tiempo de exposición es muy importante en los equipos de rayos UV, la efectividad de la desinfección depende de este tiempo. Depende de diferentes factores cómo por ejemplo las características de agua, características del equipo etc. Se relaciona con la dosis de UV y la intensidad de las lámparas con la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis UV} = I \times t$$

Para este equipo el tiempo de exposición es de apenas 2 segundos, según el fabricante, debido a la alta Intensidad de las lámparas. Con este tiempo se garantiza la eliminación de la E. Coli al 99%.

En cuento a las lamparas del reactor, este modelo tiene 4 lámparas Ecoray de baja presión dispuestas paralelas al flujo de agua y su vida útil son de 14000 horas. [44]

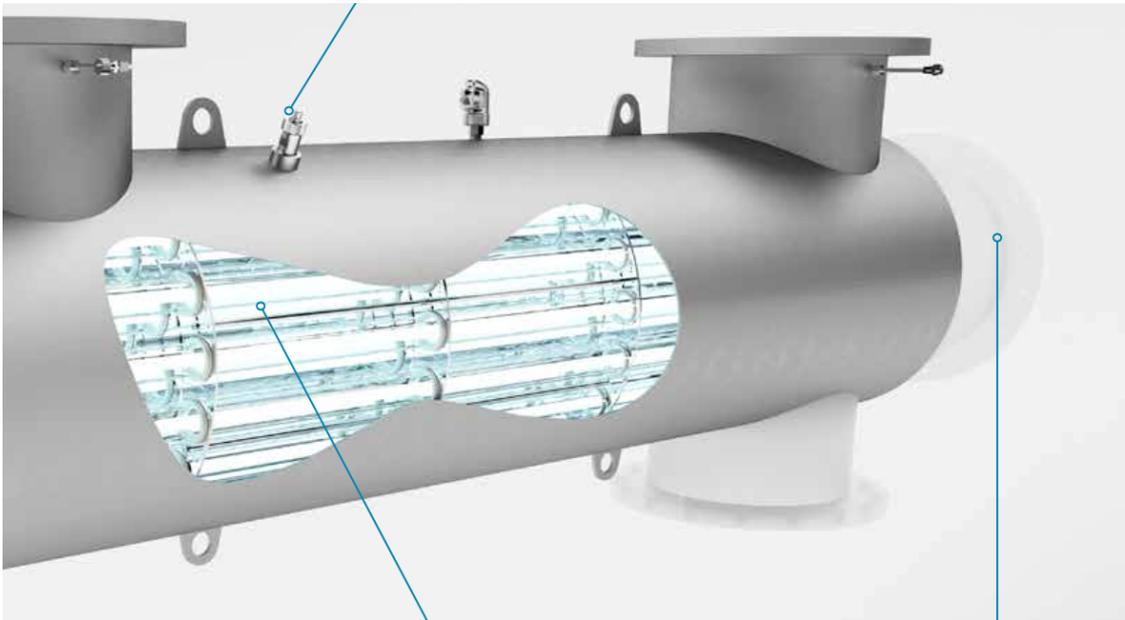


Figura 6: Detalle de disposición de las lámparas paralelas al flujo (Fuente: Wedeco)

6.4 Instalación del equipo de Rayos UV

El equipo de rayos UV que se va a instalar en la EDAR de La Arboleda por al empresa *Wedeco*. Consta de un equipos Modelo *Wedeco LBX 90*.

Será necesarios incluir válvulas reguladoras de caudal en la entrada y salida del filtro, las que permitirán la entrada de todo el caudal o de nada, para así permitir aislarlo de la conducción. en caso de que avería del equipo de desinfección. Se instalará una válvula antirretorno en la salida para evitar posibles golpes de ariete en el equipo. A continuación se muestra en la figura un croquis de la disposición de la maquinaria:

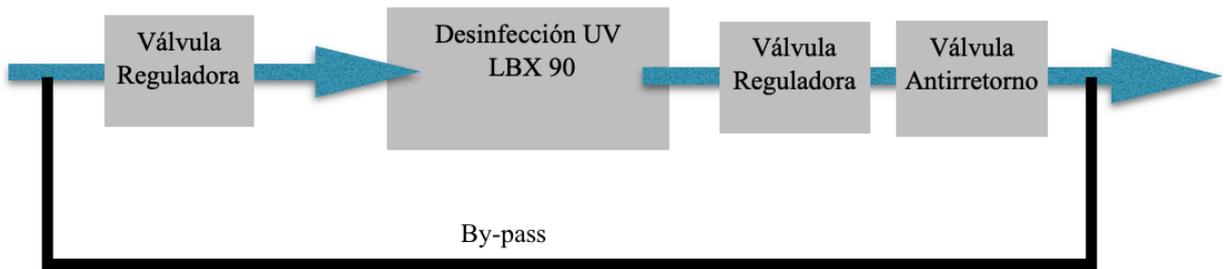


Figura 7: Equipo de Rayos UV e instalación (Fuente: Propia)

7. CLORACIÓN DE MANTENIMIENTO

7.1 Introducción

Posterior a la desinfección el agua proveniente de los rayos UV se someterá a una postdesinfección mediante cloración. Este tratamiento se realizará en tanque de cloración en forma de laberinto ya existente en la depuradora de La Arboleda. Su objetivo es garantizar la calidad del afluente necesaria en el proyecto desde que sale del tratamiento de filtración y desinfección UV hasta el consumo del agua. Esto es, mantener la calidad durante el transporte y almacenamiento y distribución hasta su utilización. Esto se realiza introducción cloro en el efluente de tal manera que se quedará el reactivo en el agua regenerada en forma de cloro residual libre.

El reactivo que se utiliza es el que ya se utiliza en la actualidad en la EDAR de la Arboleda; Hipoclorito sódico (NaClO). Se mantiene este compuesto debido a que es la forma de Cloro más utilizada en la actualidad por su bajo coste y facilidad de manipulación. La dosis que se suministre, se introducirá al inicio del laberinto de clorado.

7.2 Descripción del tanque de cloración

El tanque de cloración tiene una disposición rectangular de medidas: 2,4 m de ancho, 4,4 m y 3,5 m de profundidad. Tiene forma de laberinto, para que el cloro entre en contacto mayor tiempo con el agua y se garantice esa desinfección de mantenimiento de las características del agua. Al inicio del laberinto se dosificará el Hipoclorito sódico mediante una bomba.

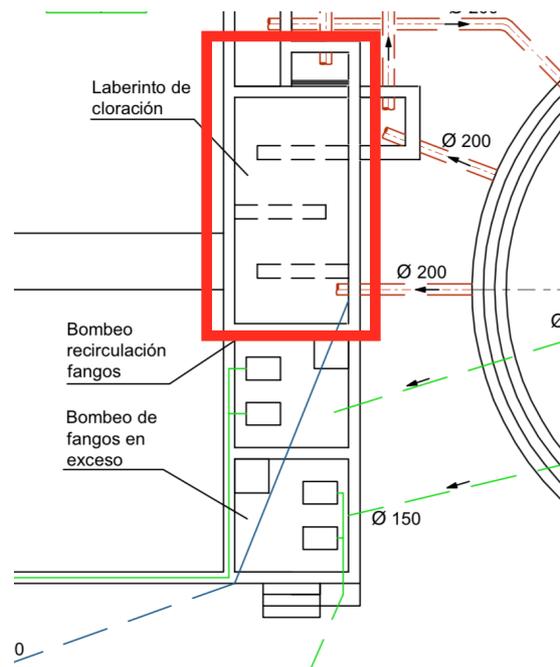


Figura 8: Detalle del laberinto de cloro (Fuente: Propia)

7.3 Parámetros de cloración

Para la obtención de los parámetros de cloración y para el cálculo se ha obtenido la información los siguientes libros:

- “Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas” de Ricardo Isla de Juana (Editorial: Bellisco, Año: 2005). [52]
 - “Maquinaria para Tratamiento y depuración de Aguas” de Jose Carlos Segura Cobo (Editorial: Bellisco, Año: 2009). [38]
-
- El caudal a tratar es de 80 m³/h. De acuerdo a la bibliografía consultada el rango habitual de dosis de cloro oscila entre 4 y 15 mg/l, en nuestro caso por ser desinfectada y luego ser transportada y almacenada tomaremos una dosis de 6 mg/l, es el valor recomendado.
 - El tiempo de contacto a caudal máximo se recomienda entre 15 y 30 minutos. Por tener el Q y el volumen útil de la cámara, calculamos el tiempo a través de la fórmula:

$V = Q \times t$. El tiempo obtenido es de 10,05 minutos, por ello se toma el de 15 minutos, el mínimo recomendado.

- El número de unidades dosificadas es 1 y la riqueza es $R = 30\%$ o 150 gr/l . [53]

7.4 Resultados

- **Caudal de diseño de la línea:** $80 \text{ m}^3/\text{h}$
- **El consumo medio de cloro se calcula con la siguiente fórmula:**

$$C = (Q/1000) \times (\text{Dosis de cloro}) \times t_c (\text{horas}) = (80/1000) \times 6 \times (15/60) = 0,12 \text{ Kg/ dia}$$

- **Cantidad de cloro diario necesario:** $11,50 \text{ kg}$

Teniendo en cuenta que la riqueza es de 30% , 150 gr/l se necesitan $76,6$ litros diarios de disolución de hipoclorito sódico.

- **Volumen útil de la cámara:** $13,6 \text{ m}^3$
- **Dimensiones de la cámara:** $2,4$ metros de ancho y $4,4$ metros de largo.
- **Lamina de Agua:** 2 metros.
- **Profundidad de la cámara:** $3,5$ metros.

7.5 Almacenamiento y dosificación del reactivo

Como se ha indicado en el apartado 7.2 del presente documento, al inicio del tanque de clorado se va a tener que realizar la dosificación del reactivo. Para ello, necesitaremos un tanque de almacenamiento de hipoclorito sódico y un dosificador.

El tanque que hay en la actualidad en la EDAR La Arboleda es de 1000 litros y únicamente duraría 13 días hasta su vaciado, para aumentar su duración se ha optado por la elección de uno nuevo de mayores dimensiones.

El tanque escogido es de empresa *BIOTanks*, este tanque es para productos químicos y están fabricados con resinas especiales y son específicos para almacenar cualquier tipo de producto químico o corrosivo. Entre los listados en la ficha técnica se encuentra el Hipoclorito sódico. Además cumple con la normativa MIE-APQ-6 para garantizar la resistencia mecánica y química de los materiales y espesores empleados en los tanques. [45]

El deposito seleccionado es el modelo DPQ - 50. Tiene una capacidad de 5000 litros, diámetro 1800mm y altura 2000 mms . La duración del reactivo es de 65 días en este caso.



Figura 9: Depósito para productos químicos (Fuente: BIOTanks)

Para la dosificación se aprovecharán las 2 unidades dosificadas existentes en la actualidad. Son dos bombas de 4,2 l/h. Con estas se podrá dosificar el reactivo de la misma manera como se hace en la actualidad. Una de ellas estará en constante funcionamiento mientras que la otra se utilizará para los labores de mantenimiento y averías.

7.6 By-pass de cloración

Es importante remarcar que el agua que se introduce a la cámara de cloración se podrá evacuar por el drenaje de vaciados o por la salida de agua que se vierte en la actualidad. En caso de no cumplir con las calidades exigidas, o por estar alguna máquina en mantenimiento o en avería u otro caso excepcional, el agua se evacuará por estas dos salidas, de esta manera el agua no pasará por el laberinto de cloración y se verterá al terreno adyacente como se hace en la actualidad en la planta.

8. PARÁMETROS DEL AGUA REGENERADA

Tras todas las actuaciones que se han realizado en el agua proveniente del tratamiento secundario; Bombeo, filtración, desinfección y post desinfección se han cumplido con los parámetros establecidos con la ley de aguas. En la siguiente tabla se muestran los resultados:

Tabla 8: Parámetros finales de agua regenerada (Fuente: Propia)

Parámetros a lograr en desinfección	Valores de la legislación de reutilización vigente	Valores Obtenidos
Escherichia Coli UFC/ 100 ml	<100-200	<100-200
S.S.T (mg/l)	20 mg/l	8 mg/l
Nematodos intestinales	< 1 huevo/ 10 L	AUSENCIA
Turbidez	10 UNT	4,2 UNT

Con estos parámetros el agua podrá ser utilizada para el campo de Golf Meaztegi y en caso de que haya agua sobrante podrá ser utilizada para todas las opciones que también cumpla con la legislación vigente.

9. DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO

9.1 Introducción

Una vez realizado la desinfección mediante UV y la postdesinfección mediante cloración, el agua se almacenara en un depósito en la propia EDAR La Arboleda hasta su reuso.

De acuerdo a la Guía para la aplicación del RD 1620/2007 de Reutilización de Aguas Depuradas, los depósitos que se construyan en los sistemas de reutilización deberán cumplir con la norma UNE-EN 1508:1999 “Abastecimiento de agua. Requisitos para sistemas y componentes para el abastecimiento de agua”.

También tienen que ser diseñadas para que el agua almacenada no se deteriore en el tiempo y evitar los cambios físicos, químicos y biológicos que puedes ser perjudiciales para la salud humana y medio ambiente. El mantenimiento del agua en su correcto estado dependerá del sistema de almacenamiento que se utilice.

El dimensionamiento del depósito dependerá principalmente de la demanda que haya del agua regenerada. Esta demanda se va a considerar muy cambiante.

Por un lado, como se indica en la Memoria descriptiva, se tienen los volúmenes necesarios para el campo de golf mezategi proporcionados por Global Gold Company:

Tabla 9: Necesidad de agua en Campo de Golf Meaztegi en año medio y en año seco(Fuente propia basado en datos de Global Golf Company)

Mes	Necesidad de agua en Meaztegi Golf año MEDIO (m ³)	Necesidad de agua en Meaztegi Golf año SECO(m ³)
Enero	0	0
Febrero	0	2418
Marzo	0	9833
Abril	0	11506
Mayo	4997	29097
Junio	25470	42496
Julio	40703	54062
Agosto	20875	44189

ANEJO N°1: DIMENSIONAMIENTO DEL TRATAMIENTO TERCIARIO Y DE LOS DEPÓSITOS DE AGUA REGENERADA

Mes	Necesidad de agua en Meaztegi Golf año MEDIO (m ³)	Necesidad de agua en Meaztegi Golf año SECO(m ³)
Septiembre	16160	35807
Octubre	0	19364
Noviembre	0	0
Diciembre	0	0
TOTAL AÑO	108206	248772

Como se puede observar en la tabla anterior, el volumen de agua es muy cambiante y es muy dependiente de la climatología. A pesar de tener un embalse de 90.000 m³ para su riego, las reservas de este embalse están disminuyendo en el tiempo y además los meses de mayor necesidad de agua, que corresponden a los meses de verano Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre, este embalse se encuentra a 1/3 de su capacidad total, esto es contiene 36000 m³, esto es, los meses que menor agua almacena, mayor necesidad de agua se demandada por el campo de golf. Un mes de julio, por ejemplo, en año seco y con esa capacidad sería necesarios 18.062 m³ de agua adicional. También, el embalse esta sufriendo filtraciones por su deterioro y falta de mantenimiento y su capacidad total es menor ya que sufre pérdidas de agua.

Debido a que la calidad para otros usos diferentes al campo de golf son menos restrictivos el agua tratada también se podría utilizar para otros usos, y mencionados en el apartado anterior. Entre los usos posibles están: Usos urbanos, agricultura, recreativo y medioambiental.

En conclusión, se ha elegido ubicar el deposito dentro de la EDAR La Arboleda, principalmente por tener demandas muy cambiantes. Así, el agua será tratada y almacenada en la EDAR La Arboleda y según la demanda se conducirá al Meaztegi Golf o a otro destino con un uso afín, si hubiera agua excedente. El suministro directo ha quedado descartado, ya que se ve necesario el depósito de regulación por caudales cambiantes.

9.2 Diseño del almacenamiento

Como se ha descrito en el apartado anterior el depósito tendrá como finalidad, contener el agua siendo un lugar impermeable, regular el caudal, dar seguridad al abastecimiento de este agua residual regenerada y garantizar el mantenimiento de la calidad del agua.

Todo esto dependerá del tipo de depósito que se utilice. En la actualidad existen muchos tipos de almacenamiento.

9.2.1 Tipos de almacenamiento

Los dos tipos principales de depósitos que existen son los abiertos y los cerrados.

En la regeneración de aguas, para el almacenamiento se puede instalar depósitos (cerrados) o balsas (abiertos). También es importante destacar que la degradación del agua depende de si el sistema es abierto o cerrado. En la siguiente tabla se muestran las categorías de los problemas de degradación de la calidad del agua dependiendo si el sistema es abierto o cerrado. Se marcan con una “X” si el riesgo es menor y con “XX” si el riesgo es mayor:

PROBLEMAS DE DEGRADACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA REGENERADA ALMACENADA	SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO	
	ABIERTOS	CERRADOS
Olores	XX	X
Estratificación de la temperatura	X	-
Bajo oxígeno disuelto	X	XX
Crecimiento de algas y fitoplancton	XX	X
Turbidez y color	XX	X
Reproducción de microorganismos	X	X
Pájaros y roedores	X	-
Estancamiento	X	X
Pérdida de cloro residual	XX	X

XX: mayor riesgo; X: menor riesgo

Figura 10: Problemas de degradación de la calidad de agua regenerada almacenada (Fuente: Guía para la aplicación del R.D. 1620/2007)

En la tabla anterior se observa como los sistemas cerrados mantienen mejor sus propiedades que los abiertos. Los abiertos tienen mayor problemas con olores, crecimiento de algas y fitoplacton y con la turbidez y color. Además es más fácil que experimenten aportes externos que supongan un aumento de materia orgánica y en consecuencia de la turbidez. Asimismo, la fauna natural de la zona puede ser causa de aumento de todo tipo de microorganismos patógenos.

Será importante tener en cuenta la pérdida de cloro residual ya que es uno de los factores importantes en el mantenimiento de la calidad del agua hasta su uso. En los sistemas abiertos es mucho mayor la pérdida de cloro.

Por último, cabe destacar que la concentración de desinfectantes disminuye al aumentar el tiempo de residencia del agua en el lugar de almacenamiento, tanto para depósitos abiertos como cerrados. Esto es, cuanto menos tiempo de almacenamiento mayor será la calidad del agua y menor su degradación [15].

9.2.2 Solución adoptada y diseño

Por todo lo mencionado anteriormente, se ha optado por escoger un depósito cerrado, ya que necesitamos una elevada calidad de acuerdo a la ley de reutilización vigente.

Para optar por una solución correcta es necesario fijar la capacidad del depósito. Como se ha descrito en el apartado anterior, la demanda es muy cambiante y no se tienen datos de el porcentaje almacenado de agua respecto a su capacidad total. En el campo de golf, el mes de julio, donde mayor agua es requerida, se necesitan en un año medio 1400 m³/ día y en año seco 1800 m³/ día aproximadamente y nuestra planta genera 1920 m³/ día en sus 24 horas que esta abierta la estación depuradora a caudal máximo.

Sin embargo, según la guía de aplicación del R.D. 1620/ 2007, el riego tanto para los campos de golf como para los otros usos posibles del proyectos el agua fuera exceditaria, debe hacerse preferentemente de noche o cuando las instalaciones estén cerradas al público. Además, debe programarse de modo que las plantas dispongan del tiempo suficiente para secarse antes de que los usuarios tengan acceso a la zona regada. La propia superficie del campo de golf Meaztegi, cierra al público de las 8 de la noche a las 8 de la mañana, esto es 12 horas, dejando

cierto margen para secarse el campo supondremos que únicamente se almacenará 10 horas el agua, el que se va a utilizar durante las 10 horas de riego. Esto supondrá a caudal máximo 800m³ en 10 horas y mensualmente 24.000 m³.

Se va a dimensionar el depósito para ese caudal máximo durante 10 horas ya que cubrirá con la demanda máxima del campo de golf. Además como en caso de que no haya demanda por parte del Meaztegi Golf, se podría utilizar para más usos, el agua no quedará desaprovechada y en el caso de que no hubiera se pasaría por los by-passes de la filtración y desinfección y se cloraría y se vertería al terreno adyacente, como se hace en la actualidad.

En el del R.D. 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de reutilización de aguas depuradas, viene determinado que si el agua a almacenar es mayor a 100 m³, tendrá que haber dos depósitos, de forma que cada uno permita el llenado y vaciado de forma independiente para operaciones de limpieza y mantenimiento. Por esto, se necesitarán dos depósitos de 400 m³ por depósito.[15]

Los depósitos serán de sección circular, superficiales y metálicos. Que sean superficiales y no enterrados hará que se fácil su conservación y que la salida de las tuberías y desagües sea fácil y barata. La sección circular hace que tenga mejores características mecánicas que los de secciones rectangulares.

Trás consultar las ofertas de este tipo de depósitos se ha optado por la empresa de depósitos metálicos **Ilurco**, en concreto el modelo 12.

Este modelo tiene las siguientes dimensiones:

Tabla 10: Dimensiones de un depósito Ilurco modelo 12 (Fuente: Ilurco)

Capacidad (m ³)	Diametro (m)	Altura (m)
421	11,321	4,18

La pared del deposito de agua es metalico de acero galvanizado ondulado y con recubrimiento interior de resina epoxi y el suelo de lámina de P.V.C.

La pared metálica esta formada por planchas prefabricadas modulares, se unen entre si mediante tornillos, no necesitan ser soldadas y pueden instalarse en cualquier sitio y tienen un mínimo mantenimiento ya que se pueden reparar o sustituir los módulos, sin afectar al resto,

esto hace que tenga un coste de mantenimiento bajo. Tienen superficies no porosas que no permiten la acumulación de la suciedad así garantizando el mantenimiento de la calidad de las aguas contenidas.

La cubierta es de chapa de acero prelacada con estructura metálica totalmente interior al depósito, tienen unas vigas y pilares dentro que sujetan las chapas. Las vigas y pilares son de perfil IPN 140. Esta cubierta cierra el depósito de manera hermética excepto por la ventilación que tiene en un lateral. La ventilación es exigida en este tipo de depósitos, se exige para que no puedan entrar ni personas ni animales dentro de él. [40]



Figura 11: Depósito Ilurco (Fuente: Ilurco)

La cimentación del depósito está formada por un anillo de hormigón HA-25 de 0,4 m de ancho y 0,4 m de alto y en su interior, en toda la superficie, se dispondrá arena compactada.

Como se ha visto en la Tabla 10 del presente documento, la capacidad del depósito es de 421 m³ y con los dos depósitos se almacenará 842 m³. Esta capacidad es la más próxima y superior a 800 m³ que exige la planta a caudal máximo. Por ello, los dos depósitos podrán acumular la totalidad del agua generada diariamente.

ANEJO Nº2 CÁLCULO DE LA LÍNEA DE PRESIÓN DEL TRATAMIENTO TERCIARIO

ÍNDICE DEL ANEJO N°2: CÁLCULO DE LA LÍNEA DE PRESIÓN DEL TRATAMIENTO TERCIARIO

ANEJO N°2 CÁLCULO DE LA LÍNEA DE PRESIÓN DEL TRATAMIENTO TERCIARIO	144
ÍNDICE DE FIGURAS	146
ÍNDICE DE TABLAS	147
1. INTRODUCCIÓN	148
2. DATOS DE PARTIDA	149
3. TIPOS DE TUBERÍAS Y ELECCIÓN	150
4. DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS	152
5. DATOS DE LAS TUBERÍAS	153
6. PÉRDIDAS DE CARGA EN LA LÍNEA	154
6.1 Pérdidas de carga continuas	154
6.2 Pérdidas de carga localizadas	155
6.3 Pérdidas de carga en equipos	156
7. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN LAS TUBERÍAS	157
7.1 Pérdidas de carga en tramo Pozo de bombeo y filtración.	157
7.1.1 Cálculos y resultados	157
7.2 Pérdidas de carga en tramo Filtración y desinfección UV.	158
7.2.1 Cálculos y resultados	159
7.3 Pérdidas de carga en tramo Desinfección UV a laberinto de Cloración.	159
7.3.1 Cálculos y resultados	160
7.4 Pérdidas de carga de laberinto de Cloración y depósito de agua regenerada.	160
7.4.1 Cálculos y resultados	161
7.5 Resultados de las pérdidas de carga en las conducciones del tratamiento terciario	162
8. PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN	163
8.1 Filtración	163
8.2 Desinfección UV	163
8.3 Laberinto de coloración	163
9. CONSIDERACIONES Y CÁLCULO DE ALTURA DE PRESIÓN	164
10. DISPOSICIÓN FINAL DE LA LÍNEA DE PRESIÓN	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Velocidades recomendadas para fluidos poco viscosos (Fuente: Apuntes Universidad de Granada de “Diseño del sistema de tuberías y calculo de bombas”)	149
Figura 2: Tuberías, materiales y sus características (Fuente: “Ingeniería Hidraulica, Aplicada a los sistemas de Distribución de Agua” , Universidad Politécnica de Valencia)	151
Figura 3: Ábaco de Moody (Fuente: Wordpress [62])	155
Figura 4: Línea del tratamiento terciario (Fuente: Propia)	165

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Pérdidas de carga en tratamiento terciario (Fuente: Propia) 162

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente documento es el cálculo de la línea de presión del tratamiento terciario de la EDAR La Arboleda. Como se ha mencionado tanto en la memoria descriptiva como en el Anejo 1, se ve necesaria una impulsión tras el tratamiento secundario de la actual EDAR de La Arboleda, para que el agua pueda llegar desde la salida del secundario hasta los dos depósitos finales, sin necesitar ninguna bombeo adicional en otro punto. La impulsión se realizará mediante un bombeo y es necesaria para que se mantenga la presión suficiente en todos los puntos.

En primer lugar, se tendrá que determinar la línea piezométrica en todos los tramos del tratamiento secundario ya que se necesita para saber que presión es necesaria añadir al flujo para vencer esa diferencia de cotas entre el punto inicial y final y las sumas de pérdidas localizadas y de las tuberías. La línea piezométrica influirá también en las cotas de la lámina base de las instalaciones y condicionara la ubicación de la filtración, del equipo de rayos UV y de los dos depósitos de almacenamiento. Sin embargo, no influirá en el laberinto de cloración ya que no se modifica y esta ya ubicada.

Para los cálculos hidráulicos del presente documento se han utilizado y consultado la siguiente bibliografía:

- “Mecánica de fluidos incomprensibles y Turbomáquinas hidráulicas” de Jose Aguera Soriano. [54]
- “Ingeniería Hidraulica, Aplicada a los sistemas de Distribución de Agua” , Universidad Politécnica de Valencia. [41]
- Apuntes de la asignatura “Mecánica de Fluidos e Hidráulica” de UPV/EHU de Pedro Arriaga Bayo. [55]
- Apuntes de la asignatura “Gestión de Recursos Hidráulicos” de la UPV/EHU de Eneko Madrazo Uribeetxebarria. [56]
- Apuntes Universidad de Granada de “Diseño del sistema de tuberías y calculo de bombas”. [57]

2. DATOS DE PARTIDA

Partiremos de que la la EDAR La Arboleda tiene los siguientes caudales según los datos proporcionados por el Consorcio de Aguas de Bilbao:

- Caudal medio: 32 m³/h.
- Caudal máximo: 80 m³/h.
- Caudal punta: 64 m³/h.

En concreto se tomará el caudal de diseño del proyecto, el cual es de 80 m³/h, como se ha mencionado en la memoria descriptiva y en el Anejo 1.

El caudal anterior estará relacionado con la velocidad y superficie de la tubería (Caudal= Velocidad x Sección) y según diferentes fuentes hay unos velocidades recomendadas, ya que una velocidad muy baja en una conducción conlleva a la sedimentación de sólidos en suspensión lo que podría producir obstrucciones en la red de tuberías o a unos diámetros muy grandes lo que supondría un sobredimensionamiento y aumento de los costes de la red. Una velocidad muy alta produce pérdidas de carga elevadas , erosiones y ruidos. Dicho esto, las velocidad mínima es de 0,6 m/s y máxima 2,4 m/s para un liquido poco viscoso. En la siguiente figura se muestran los rangos de velocidades en función del punto en el que se encuentre el líquido:

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4

Figura 1: Velocidades recomendadas para fluidos poco viscosos (Fuente: Apuntes Universidad de Granada de “Diseño del sistema de tuberías y calculo de bombas”)

3. TIPOS DE TUBERÍAS Y ELECCIÓN

Las conducciones se pueden clasificar de diferentes formas. Una de ellas y la más común es dependiendo del material que se vaya a utilizar. El material deberá de ser adecuado y dependerá de los siguientes tres factores: [58]

- Las condiciones de uso: Calidad del agua, caudal, presión interna etc.
- Medio donde se vaya a instalar: Bajo tierra, a la intemperie.
- Cargas externas a las que será sometida.

Estos diferentes factores serán necesarios para determinar el material de las tuberías y aparte de los factores funcionales será de gran importancia el coste económico, habrá que tener en cuenta la relación calidad/precio.

Las tuberías más comunes existentes en el mercado son las de acero, hormigón, de materiales plásticos y fundición dúctil. Anteriormente fueron muy utilizadas las de fibrocemento pero en la actualidad están prohibidas por su grave peligro para la salud, la O.M 7/12/2001 prohibió su producción, comercialización e instalación en España.

Las de materiales plásticos, tales como las de PVC y Polietireno se han descartado por que son las que se utilizan en el uso cotidiano y se suelen utilizar para caudales más bajos y secciones más pequeñas. Además no tienen prestaciones mecánicas tan buenas como las de hormigón, acero y fundición dúctil. Las de hormigón son muy económicas, sin embargo son muy pesadas, su reparación es difícil y sufren ataques químicos de aguas residuales transportadas.

Las más completas en su totalidad son las de acero y fundición dúctil. Las de fundición dúctil son sensibles a la corrosión pero presentan una alta resistencia y son muy lisas y tienen buenas rugosidades y en consecuencia pocas pérdidas de carga. También es fácil su mantenimiento, son menos cosas que las de acero y son más utilizadas para EDARes que las de acero. Por último las de acero son las más completas, a pesar de ser más costosas que otras, resisten mayores presiones que todas las demás descritas, tienen buenas propiedades mecánicas y su reparación es fácil.

ANEJO Nº2: CÁLCULO DE LA LÍNEA DE PRESIÓN DEL TRATAMIENTO TERCIARIO

	HORMIGÓN CAMISA	HORMIGÓN PRETENS.	AMIANTO CEMENTO	PVC	POLIETIL.	ACERO	FUNDIC. DÚCTIL.
FRAGILIDAD	SI AL TRANSPOR.	SI A LAS RANURAS	POSIBLE ROTURA POR FLEXIÓN	SI A LOS CHOQUES	NO	NO	NO
RESISTENCIA A LA PRESIÓN (gamas usuales)	<15 bar	< 15 bar	< 15 bar	< 15 bar	< 10 bar	< 100 bar	< 27 bar
PROTECCIÓN CATÓDICA	BUENA, SALVO CORRIENTE VAGABUN.	BUENA, SALVO CORRIENTES VAGABUN.	BUENA.	BUENA.	BUENA.	NECESITA PROTEC. ESPECIAL.	BUENA, SALVO TERR. AGRESIVOS
FACILIDAD DE REPARACIÓN MODIFICAC.	DIFÍCIL.	MUY DIFÍCIL	FÁCIL.	FÁCIL.	FÁCIL.	BASTANTE FÁCIL	FÁCIL
NORMALIZ. DE PIEZAS ESPECIALES	BAJO PEDIDO	BAJO PEDIDO	DEPENDE DE LA GAMA DE PRESIONES	SI, EN PVC O EN FUNDICIÓN	SI, LIMITADA A PEQUEÑAS PRESIONES	SI	SI
TIPOS DE JUNTAS	MANGUITO ANILLO O SOLD.	JUNTA DE CAUCHO	SUPERSIMPLO GIBALTO O RK	MANGUITO DE CAUCHO	RACOR ENROSCAD. O SOLDADO	SOLDADURA AL ARCO	CAUCHO
PESO (facilidad de transporte)	ELEVADO	ELEVADO	DISCRETO	ESCASO	ESCASO A MEDIO	ELEVADO A MEDIO	MEDIO
LONGITUDES CORRIENTES	3 A 5 METROS	3 A 5 METROS	5 METROS	5 A 6 METROS	CARRETES DE HASTA	6 METROS	6 METROS
RUGOSIDAD	BUENA	BUENA	BUENA	MUY BUENA	MUY BUENA	BASTANTE BUENA	BUENA. (REVEST. DE MORT.)
LOCALIZAC. ELECTROMAG.	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI
COMENTARIOS	Sólo para grandes diámetros	Aducciones y grandes diámetros.	Ø ext. variable según la clase de presión.	Las piezas especiales de fundición precisan un hilo de referencia	Para acometidas principales	Necesita envoltura exterior e interior.	Reune las ventajas del acero y fundic.

Figura 2: Tuberías, materiales y sus características (Fuente: “Ingeniería Hidráulica, Aplicada a los sistemas de Distribución de Agua” , Universidad Politécnica de Valencia)

En la imagen anterior se recogen todos los materiales mencionados anteriormente y sus características de forma más detallada. [41]

Por todo lo anterior, se considera como mejor opción las conducciones de fundición dúctil, por tener en conjunto mejores características y ser más económicas que las de acero, por ello serán las que se utilizarán en el presente proyecto de la EDAR La Arboleda. [59]

4. DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS

Una vez fijado el caudal, el material y las velocidades máximas y mínimas de las conducciones, se deberá de determinar el diámetro máximo y mínimo que van a poder tener las tuberías para posteriormente elegir las que se utilizarán en el proyecto.

La fórmula que relaciona estos parámetros es la siguiente:

$$Q (m^3/s) = V (m/s) \times S (m^2)$$

Siendo el caudal el caudal (Q) 80 m³/h lo que equivale a 0,022 m³/s y la velocidad (V) máxima y mínima, 2,4 m/s y 0,6 m/s respectivamente se obtienen a continuación las superficies (S).

- Para la velocidad máxima de 2,4 m/s : $S = 0,022 (m^3/s) / 2,4 = 0,00925 m^2 = 92,5 cm^2$
- Para la velocidad mínima de 0,6 m/s: $S = 0,022 (m^3/s) / 0,3 = 0,0366 m^2 = 366,66 cm^2$

Con estas dos superficies y sabiendo que la sección es circular se calculan los diámetros para los dos casos:

- Para la velocidad máxima de 2,4 m/s: $S = \pi \cdot (D^2 / 4) = 92,5 \rightarrow D = 10,8524 cm = 108,52 mm$
- Para la velocidad mínima de 0,6 m/s: $S = \pi \cdot (D^2 / 4) = 366,66 \rightarrow D = 21,61 cm = 216,1 mm$

Según los cálculos realizados, el diámetro de las tuberías de este proyecto deberán de estar comprendidas entre 108,52mm y 216,1 mm. Debido a que tiene que absorber todas las velocidades comprendidas en ese abanico, se dimensionará para el diámetro máximo.

Para concluir, después de consultar varios catálogos y los diámetros normalizados se ha decidido que se emplearán tuberías de fundición dúctil de diámetro eficaz de 200 mm, el cual es el diámetro del interior de la tubería, el que es realmente útil. Se ha decidido utilizar esta dimensión por ser el que mejor se ajusta a los diámetros del mercado y a las dimensiones del proyecto, además también coincide con el diámetro de salida del tratamiento secundario de la EDAR de La Arboleda, lo que verifica que los cálculos realizados son adecuados.

5. DATOS DE LAS TUBERÍAS

Las tuberías de este proyecto serán de fundición dúctil, en concreto de la empresa Saint-Gobain Pam y tendrán las siguientes características: [46, 60]

- Material: Acero
- Diametro (D): 200 mm
- Sección (S): $S = \pi \cdot (D^2 / 4) = \pi \cdot (0,2^2 \text{ (m)} / 4) = 0,0314 \text{ m}^2$
- Coeficiente de rugosidad (e): 0,030 mm [Ingeniería hidráulica poli valencia]
- Velocidad : $Q = V \cdot S \rightarrow V = 0,022 \text{ (m}^3/\text{s)} / 0,0314 \text{ (m}^2) = 0,7 \text{ m/s}$

Este valores de la velocidad esta comprendido entero 0,6 y el 2,4 m/s, por lo tanto esta diámetro es válido.

6. PÉRDIDAS DE CARGA EN LA LÍNEA

6.1 Pérdidas de carga continuas

Estas pérdidas son las del propio conducto que se produce por el rozamiento entre el fluido y la superficie interior de las tuberías.

El cálculo de estas se realizan con la siguiente fórmula de Darcy-Weisbach:

$$h_f = \frac{f * L * V^2}{D * 2g}$$

Siendo:

- f = Factor de fricción de Darcy.
- L = Longitud de la tubería (m).
- V= Velocidad del agua (m/ s).
- D= Diámetro de la tubería (m).

El factor de fricción de Darcy (f) se calcula con la siguiente fórmula:

$$f = \frac{64}{N^{\circ} \text{ de Reynolds}}$$

El Número de Reynolds se calcula así:

$$N^{\circ} \text{ de Reynolds} = \frac{V * D}{\nu}$$

Donde V es la velocidad del fluido en m/s , D el diámetro en metros y ν es la viscosidad cinemática del fluido. En el caso del agua y suponiendo una temperatura de entre 10 y 20 grados la viscosidad cinemática es de $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. [61]

Esta fórmula para obtener el factor de fricción solo es válida para flujos laminares, cuando el Número de Reynolds es menor a 2000. Sin embargo, cuando el número de Reynolds es mayor

a 4000, estaremos en regimen turbulento y se determinará a través del ábaco de Moody el que se muestra en la siguiente imagen:

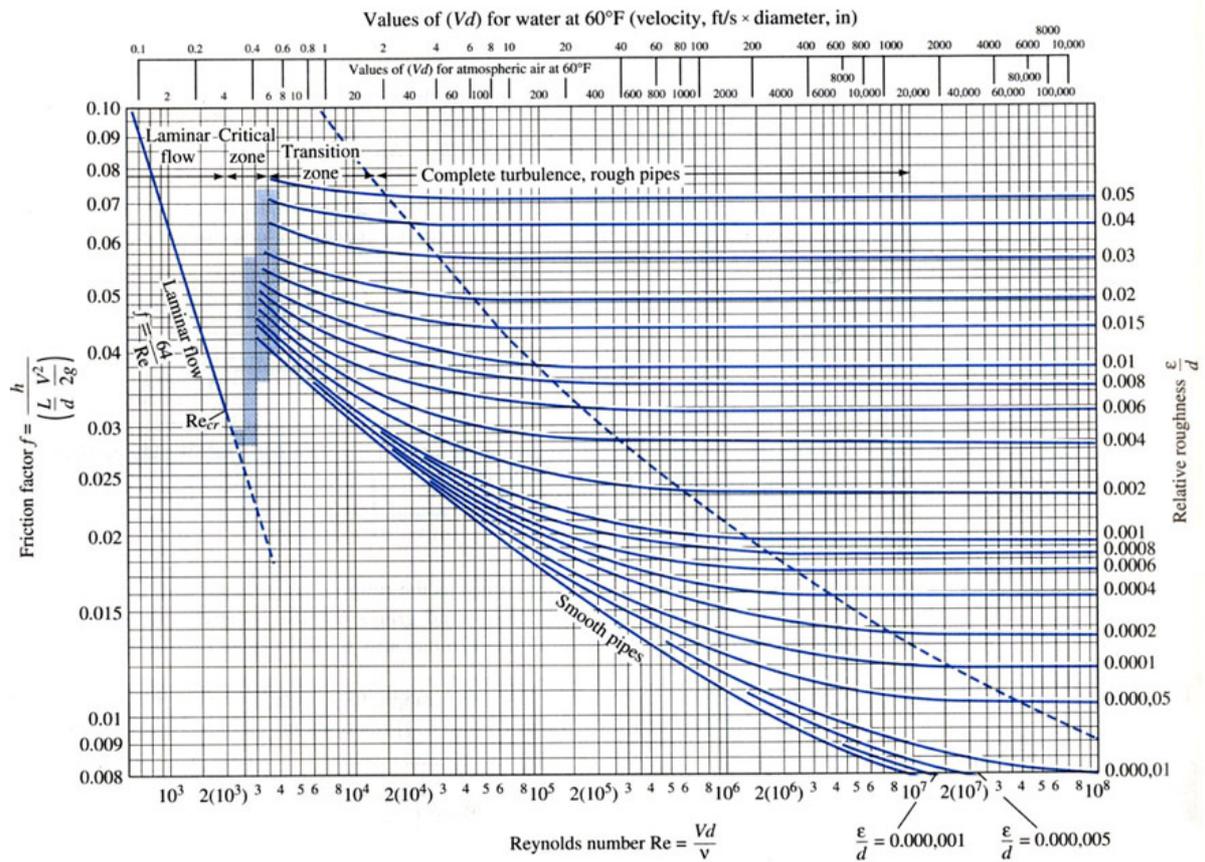


Figura 3: Ábaco de Moody (Fuente: Wordpress [62])

6.2 Pérdidas de carga localizadas

Las tuberías de conducción además de tramos rectos suelen tener otras singularidades, por ejemplo, codos, reducciones, válvulas... Estos elementos generan pérdidas en el punto donde están, a estas pérdidas se les llama pérdidas localizadas.

La fórmula de estas pérdidas es la siguiente:

$$h_s = k * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

- K= Coeficiente adimensional de pérdida de carga característica de cada elemento puntual
- V= Velocidad del agua (m/s)

6.3 Pérdidas de carga en equipos

Estas pérdidas son las debidas a la filtración, a los rayos UV y a la cámara de cloración.

Para la filtración y los rayos UV se obtendrán mediante el proveedor. En la cámara de cloración, sin embargo, se ha recurrido a mirar proyectos de carácter similar. [63]

7. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN LAS TUBERÍAS

Tras determinar las pérdidas de carga en el apartado anterior se van a calcular las pérdidas de carga del fluido por tramos. Estos tramos son los siguientes:

- Pozo de bombeo- Filtración.
- Filtración- Rayos UV.
- Rayos-UV- Laberinto de Cloración.
- Laberinto de cloración- Depósitos de Agua regenerada

7.1 Pérdidas de carga en tramo Pozo de bombeo y filtración.

En este tramo se determinarán las pérdidas de carga entre el pozo de bombeo, que se encuentra posterior a la decantación secundaria y el equipo de filtración. Los datos de partida son los siguientes:

- Tubería de fundición dúctil.
- Diámetro de 200 mm.
- Longitud de la tubería: 23,8 m.
- Caudal transportado: $80 \frac{m^3}{h}$
- Velocidad máxima: 0,7 m/s
- Número de codos a 90°: 3 codos.

7.1.1 Cálculos y resultados

Numero de Reynolds: $Re = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0,7(m/s) * 0,2(m)}{1,3 * 10^{-6}(m^2/s)} = 107692 > 4000$ por lo tanto se trata

de un régimen turbulento y se utilizará el ábaco de moody.

Factor de fricción obtenido en el ábaco: $f=0,0154$

Pérdidas de carga continuas:

$$h_f = \frac{f * L * V^2}{D * 2g} = \frac{0,0154 * 23,8 * 0,7^2}{0,2 * 2 * 9,81} = 0,046 \text{ m}$$

Pérdidas de carga continuas:

- Codos a 90° (K= 0,4) $h_s = \frac{k * V^2}{2g} = \frac{0,4 * 0,7^2}{2 * 9,81} = 0,01 \text{ m por 3 codos} = 0,03 \text{ m}$

- Embocadura (K= 0,5) $h_s = \frac{k * V^2}{2g} = \frac{0,5 * 0,7^2}{2 * 9,81} = 0,0124 \text{ m}$

- Desembocadura (K= 1) $h_s = \frac{k * V^2}{2g} = \frac{1 * 0,7^2}{2 * 9,81} = 0,025 \text{ m}$

Tras el cálculo de todas las pérdidas y su sumatorio las pérdidas totales de este tramo son las siguientes:

$$h_{total} = 0,046 + 0,03 + 0,0124 + 0,025 = 0,1134 \text{ m}$$

7.2 Pérdidas de carga en tramo Filtración y desinfección UV.

En este tramo segundo tramo se determinarán las perdidas de carga entre el equipo de filtración y el equipo de desinfección UV. Los datos de partida son los siguientes:

- Tubería de fundición dúctil.
- Diámetro de 200 mm.
- Longitud de la tubería: 5 m.
- Caudal transportado: $80 \frac{m^3}{h}$
- Velocidad máxima: 0,7 m/s
- Número de codos a 90°: 2 codos.

7.2.1 Cálculos y resultados

$$\text{Numero de Reynolds: } Re = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0,7(m/s) * 0,2(m)}{1,3 * 10^{-6}(m^2/s)} = 107692 > 4000 \text{ por lo tanto se trata}$$

de un régimen turbulento y se utilizará el ábaco de moody.

Factor de fricción obtenido en el ábaco: $f=0,0154$

Pérdidas de carga continuas:

$$hf = \frac{f * L * V^2}{D * 2g} = \frac{0,0154 * 5 * 0,7^2}{0,2 * 2 * 9,81} = 0,01 \text{ m}$$

Pérdidas de carga continuas:

- Codos a 90° (K= 0,4) $hs = \frac{k * V^2}{2g} = \frac{0,4 * 0,7^2}{2 * 9,81} = 0,01 \text{ m por 2 codos} = 0,02$

- Embocadura (K= 0,5) $hs = \frac{k * V^2}{2g} = \frac{0,5 * 0,7^2}{2 * 9,81} = 0,0124 \text{ m}$

- Desembocadura (K= 1) $hs = \frac{k * V^2}{2g} = \frac{1 * 0,7^2}{2 * 9,81} = 0,025 \text{ m}$

Tras el cálculo de todas las pérdidas y su sumatorio las pérdidas totales de este tramo son las siguientes:

$$htotal = 0,01 + 0,02 + 0,0124 + 0,025 = 0,0674 \text{ m}$$

7.3 Pérdidas de carga en tramo Desinfección UV a laberinto de Cloración.

En el tercer tramo se calculan las pérdidas entre la desinfección de rayos ultravioleta y el laberinto de cloración. Los datos de partida son los siguientes:

- Tubería de fundición dúctil.
- Diámetro de 200 mm.
- Longitud de la tubería: 12,1 m.
- Caudal transportado: $80 \frac{m^3}{h}$
- Velocidad máxima: 0,7 m/s

- Número de codos a 90°: 3 codos.

7.3.1 Cálculos y resultados

$$\text{Numero de Reynolds: } Re = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0,7(m/s) * 0,2(m)}{1,3 * 10^{-6}(m^2/s)} = 107692 > 4000 \text{ por lo tanto se trata}$$

de un régimen turbulento y se utilizará el ábaco de moody.

Factor de fricción obtenido en el ábaco: $f=0,0154$

Pérdidas de carga continuas:

$$hf = \frac{f * L * V^2}{D * 2g} = \frac{0,0154 * 12,1 * 0,7^2}{0,2 * 2 * 9,81} = 0,0233 \text{ m}$$

Pérdidas de carga continuas:

- Codos a 90° ($K=0,4$) $hs = \frac{k * V^2}{2g} = \frac{0,4 * 0,7^2}{2 * 9,81} = 0,01 \text{ m por 3 codos} = 0,03 \text{ m}$

- Embocadura ($K=0,5$) $hs = \frac{k * V^2}{2g} = \frac{0,5 * 0,7^2}{2 * 9,81} = 0,0124 \text{ m}$

- Desembocadura ($K=1$) $hs = \frac{k * V^2}{2g} = \frac{1 * 0,7^2}{2 * 9,81} = 0,025 \text{ m}$

Tras el cálculo de todas las pérdidas y su sumatorio las pérdidas totales de este tramo son las siguientes:

$$htotal = 0,0233 + 0,03 + 0,0124 + 0,025 = 0,0907 \text{ m}$$

7.4 Pérdidas de carga de laberinto de Cloración y depósito de agua regenerada.

Por último se miden las pérdidas de carga tras el laberinto de cloración y el destino del agua, los depósitos de agua regenerada. Para este caso tenemos dos caminos a elegir del agua, el primero sería desde el laberinto de cloración al primer tanque, este tramo es de 37,7 metros. El segundo tramo es del laberinto de cloración al segundo depósito de 53,3 metros. Debido a que el agua no se conduce a los dos depósitos a la vez, sino que primero se lleva el primero y

una vez llenado se lleva al segundo se va a tomar el segundo tramo de mayor longitud para este cálculo, que será el que mayor pérdida de carga tendrá y será el peor de los casos.

Datos:

- Tubería de fundición dúctil.
- Diámetro de 200 mm.
- Longitud de la tubería: 53,3 m
- Caudal transportado: $80 \text{ m}^3/\text{h}$
- Velocidad máxima: 0,7 m/s
- Número de codos a 90°: 3 codos.

7.4.1 Cálculos y resultados

Numero de Reynolds: $Re = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0,7(m/s) * 0,2(m)}{1,3 * 10^{-6}(m^2/s)} = 107692 > 4000$ por lo tanto se trata

de un régimen turbulento y se utilizará el ábaco de Moody.

Factor de fricción obtenido en el ábaco: $f = 0,0154$

Pérdidas de carga continuas:

$$hf = \frac{f * L * V^2}{D * 2g} = \frac{0,0154 * 53,3 * 0,7^2}{0,2 * 2 * 9,81} = 0,1 \text{ m}$$

Pérdidas de carga continuas:

- Codos a 90° ($K = 0,4$) $hs = \frac{k * V^2}{2g} = \frac{0,4 * 0,7^2}{2 * 9,81} = 0,01 \text{ m}$ por 3 codos = 0,03 m

- Embocadura ($K = 0,5$) $hs = \frac{k * V^2}{2g} = \frac{0,5 * 0,7^2}{2 * 9,81} = 0,0124 \text{ m}$

- Desembocadura ($K = 1$) $hs = \frac{k * V^2}{2g} = \frac{1 * 0,7^2}{2 * 9,81} = 0,025 \text{ m}$

Tras el cálculo de todas las pérdidas y su sumatorio las pérdidas totales de este tramo son las siguientes:

$$h_{total}=0,1+ 0,03 +0,0124 + 0,025=0,1674 \text{ m}$$

7.5 Resultados de las pérdidas de carga en las conducciones del tratamiento terciario

En este apartado se reúnen todas las perdidas de carga mencionadas hasta ahora en la siguiente tabla:

Tabla 1: Pérdidas de carga en tratamiento terciario (Fuente: Propia)

TRAMOS	Pérdida de carga (m)
1 - Bombeo-Filtración	0,1134
2- Filtración- Desinfección UV	0,0674
3- Desinfección UV- Laberinto de coloración	0,0907
4- Laberinto de Cloración- Depósito de agua regenerada	0,1674

Teniendo en cuenta todas las pérdidas mencionadas en la tabla y sumándolas obtendremos la pérdida de carga total del fluido por atravesar las conducciones:

$$h_{totaltramos}=0,1134+0,0674+0,0907+0,1674= 0,4389 \text{ m}$$

8. PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN

El fluido que conduce este tratamiento terciario también sufrirá pérdidas de carga al atravesar los distintos equipos de la red. En el presente proyecto los equipos por el que atravesara el agua es el equipo de Filtración, el de Desinfección UV y el Laberinto de cloración.

8.1 Filtración

En el catálogo del equipo de filtración FMA 2003 se puede encontrar que las presiones máxima y mínimas del fluido son de 10 bares y 2 bares. Se tomara la opción de 2 bares que es la más desfavorable. Además se calcula que tiene una pérdida de carga el fluido de 0,4 metros según proveedor en el interior.

8.2 Desinfección UV

El equipo de desinfección LBX 120, tiene muy poca pérdida de carga según la empresa Wedeco, de tal forma que se ha decidido considerarla despreciable en el proyecto.

8.3 Laberinto de coloración

Para el cálculo de esta pérdida de carga se ha acudido a proyectos de carácter similar. Para proyectos similares la perdida de carga de este laberinto es de 0,03 a 0,2 metros. Se ha tomado el caso más desfavorable que es el de 0,2 metros.

9. CONSIDERACIONES Y CÁLCULO DE ALTURA DE PRESIÓN

Para el cálculo de este apartado hay que tener en cuenta el camino más desfavorable del agua en el nuevo tratamiento terciario de la EDAR de La Arboleda.

Este recorrido del agua corresponde al que el agua sale del decantado secundario y hace todo el recorrido hasta el segundo depósito de agua regenerada. De esta forma el agua atravesará el nuevo bombeo, el equipo de filtración y de rayos UV, el laberinto de cloración y por último llegará al segundo depósito.

Las pérdidas para este camino son las calculadas en el apartado anterior más las de los equipos por donde atraviesa el agua, esto es:

$$h_{\text{total}} = \text{tramo 1} + \text{filtración} + \text{tramo 2} + \text{rayos UV} + \text{tramo 3} + \text{laberinto cloración} + \text{tramo 4}$$

Las pérdidas de cargas de todos los tramos se han calculado en el apartado 7.5 del presente documento, cuyo valor es el siguiente:

$$h_{\text{totaltramos}} = \text{tramo 1} + \text{tramo 2} + \text{tramo 3} + \text{tramo 4} = 0,1134 + 0,0674 + 0,0907 + 0,1674 = 0,4389 \text{ m}$$

Añadiendo este valor a la fórmula anterior:

$$h_{\text{total}} = 0,4389 + \text{filtración} + \text{rayos UV} + \text{laberinto cloración} = 0,4389 + 0,4 + 0 + 0,2 = 1,0389 \text{ m.}$$

En conclusión la pérdida de carga total en todo el recorrido es de es 1,0389. También deberá añadirse la diferencia de cotas del pozo de bombeo al depósito de almacenamiento que es de 0,5 metros. Añadiendo esto a la cifra anterior, la pérdida de carga total que tendrá que proporcionar la bomba es de 1,5389 metros, redondeando esta cifra y sobredimensionándola para garantizarnos el bombeo en toda la red tomaremos 2 metros de altura.

También se tiene en cuenta para esta línea de presión el trazado en alzado. El único desnivel que se encuentra en la actualidad pertenece al edificio donde se encuentra entre el pozo de bombeo y el depósito de almacenamiento. Sin embargo, todas las demás estancias se encuentran niveladas en la zona que no se va a expropiar. Como las conducciones del nuevo tratamiento terciario se encuentran la mayor parte en la zona nivelada y además las pendientes son muy pequeñas y las distancias cortas entre los puntos de estudio, se desprecian las alturas geométricas.

10. DISPOSICIÓN FINAL DE LA LÍNEA DE PRESIÓN

La línea de presión descrita en el presente documento se representa en la siguiente imagen, que corresponde a un recorte del Plano 06 de Situación de la EDAR tras proyecto, en el documento dos de planos del presente proyecto. La línea del tratamiento terciario es la violeta, como viene indicada en la leyenda de la imagen.

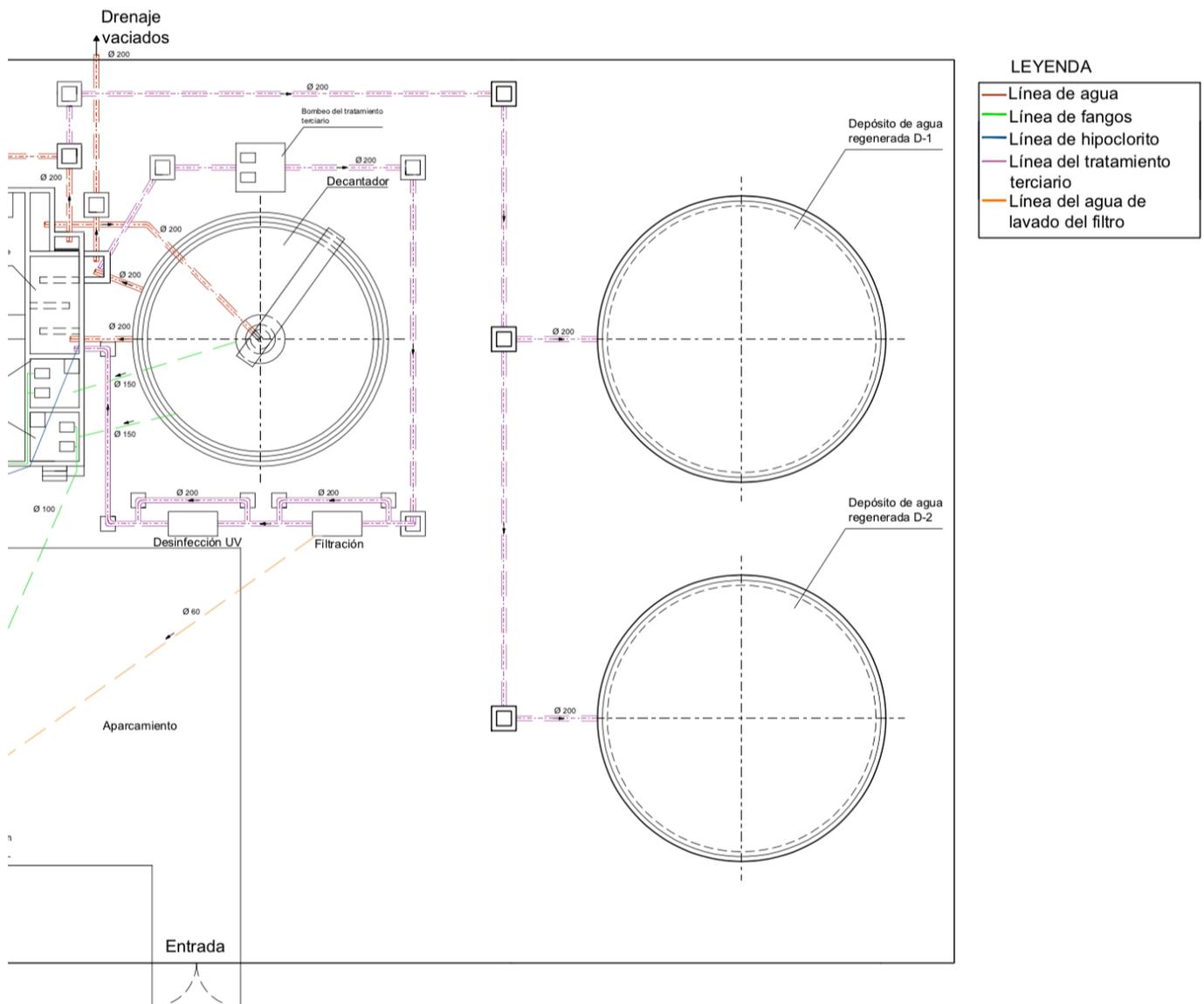


Figura 4: Línea del tratamiento terciario (Fuente: Propia)

ANEJO N°3

SEÑALIZACIÓN

ÍNDICE DEL ANEJO N°3: SEÑALIZACIÓN

ANEJO N°3	166
SEÑALIZACIÓN	166
ÍNDICE DE FIGURAS	168
ÍNDICE DE TABLAS	169
1. INTRODUCCIÓN	170
2. PELIGROS EN UNA EDAR	171
3. SEÑALIZACIÓN	172
4. SEÑALIZACIÓN ESPECÍFICA PARA AGUA REGENERADA	174

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Panel de señalización (Fuente: Guia para la aplicación del174 R.D. 1620/2007)	174
--	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Señalización (Fuente: Propia)

172

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente documento es determinar la señalización que se deberá colocar en tratamiento terciario de la EDAR de La Arboleda acorde a los riesgos presentes. La señalización será necesaria para garantizar mayor seguridad a los usuarios que trabajen o visiten el recinto y deberá responder a las siguientes necesidades de acuerdo el Real Decreto 485/1997 sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo: [64]

1. Llamar la atención de los trabajadores a cerca de los riesgos existentes.
2. Alertar en situaciones de emergencia a los trabajadores y tomar medidas de protección y evacuación.
3. Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de los medios de protección, evacuación y primeros auxilios.
4. Orientar y guiar a las personas que hagan maniobras que se consideren peligrosas.

La señalización no deberá considerarse una medida sustitutoria de las medidas técnicas y organizativas de protección colectiva y deberá utilizarse cuando mediante estas últimas no haya sido posible eliminar los riesgos o reducirlos suficientemente. Tampoco deberá considerarse una medida sustitutoria de la formación e información de los trabajadores en materia de seguridad y salud en el trabajo. [64, 65]

2. PELIGROS EN UNA EDAR

Los peligros posibles que podría haber en una EDAR son los siguientes:

- Riesgo Biológico.
- Sustancias tóxicas.
- Sustancias Inflamables.
- Sustancias Corrosivas.
- Sustancias explosivas.
- Ruido.
- Riesgo eléctrico.
- Riesgo de atrapamientos.
- Cargas suspendidas.
- Golpes con partes fijas.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.

Debido a que el proyecto es únicamente del tratamiento terciario, los riesgos posibles de este tratamiento son:

- Radiación UV: Se debe señalar en el lugar donde se lleva a cabo este proceso.
- Sustancias corrosivas y tóxicas: Se debe señalar en la cloración.
- Ruido: En los lugares que se supere 90 dBs.
- Riesgo eléctrico: En los elementos eléctricos.

3. SEÑALIZACIÓN

Por los peligros descritos anteriormente, deberá ponerse en la EDAR La Arboleda señales de Advertencia, Obligación, Prohibición e Información.

La señalización que se va a utilizar no tendrá texto debido a que únicamente tienen acceso a la planta el personal el cual estará informado de la simbología. A continuación se ponen en la siguiente tabla la señalización que se va a utilizar:

Tabla 1: Señalización (Fuente: Propia)

PELIGRO	ADVERTENCIA	OBLIGACIÓN	PROHIBICIÓN	INFORMACIÓN
Radiación UV		Protección ocular	Prohibido manipular en funcionamiento. Prohibido personal no autorizado.	-
Sustancias corrosivas		Uso de guantes y protección de vista.	Prohibido fumar	Utilizar mono protector en caso de reparaciones. Ubicación de ducha y lavajos de seguridad
Sustancias tóxicas		Uso de protección respiratoria y guantes.	Prohibido fumar	-
Ruido		Uso obligatorio de protección auditiva	-	Instrucciones de primeros auxilios.
Riesgo Eléctrico		Uso obligatorio de guantes, calzado y pantallas aislantes.	Prohibido tocar	Instrucciones de primeros auxilios.

ANEJO N°3:SEÑALIZACIÓN

La señalización podría cambiar dependiendo del fabricante de la señal. Por lo tanto las mostradas anteriormente son meros ejemplos.

4. SEÑALIZACIÓN ESPECÍFICA PARA AGUA REGENERADA

El agua regenerada no es de uso potable y únicamente será utilizado para el uso al que se destine. En el reuso de agua, en ocasiones, puede conllevar al contacto directo con las personas o medio ambiente y pueden verse afectados a su salud o desarrollo por lo tanto es necesaria la señalización de este agua en toda su red y es importante que en estas señales si esté escrito que se trata de agua regenerada.

El color que se utiliza en el reuso para el tratamiento, almacenamiento y distribución de agua regenerada es violeta, en concreto las tonalidades PANTONE 2577U o RAL 4001.

Por ello será necesario informar a los usuarios y al público de que se trata de agua regenerada no potable para el uso que le corresponda mediante carteles. Estos carteles se deberán de poner fácilmente visibles como se establece en el Real Decreto de 485/ 1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. [64]

Por todo ello, debe ponerse en color violeta toda la infraestructura: la canalización, las arquetas, las bocas de riego donde se reutilice el agua, en los aspersores, válvulas y todos los elementos involucrados.

Además deberán de ser pintadas todas las canalizaciones con el mismo color violeta y tendrán que tener una señalización que tenga escrito “AGUA REGENERADA NO POTABLE”.



Figura 1: Panel de señalización (Fuente: Guía para la aplicación del R.D. 1620/2007)

Cuando se desee prohibir de que el agua esta prohibida para beber se utilizará la señal de prohibición redonda que corresponde a “ Agua no potable” y la señal se remarcará en un rectángulo de fondo violeta. Además en la parte superior pondrá “AGUA REGENERADA NO POTABLE ” y en la parte inferior lo mismo pero en el idioma de la Comunidad Autónoma. En el presente proyecto por estar en el País Vasco será en Euskera.

Si el agua de la EDAR de La Arboleda se transportara por algún motivo, en los vehículos tendría que ir también señalizado con símbolos de agua regenerada en la puerta del conductor y en la parte trasera, en concreto en la salida del agua del tanque del vehículo.

Cabe destacar, que para el uso de los campos de golf, en el presente proyecto correspondería al Meaztegi golf, aparte de la señalización mencionada en este apartado de señalización específica para la regeneración, se recomienda en la guía de aplicación del R.D. 1620/2007 que se haga publicidad de que se usa agua regenerada y que cumple lo establecido en el real decreto mediante tarjetas o letreros a favor de la regeneración del agua. [15]

ANEJO N°4: EXPROPIACIÓN

ÍNDICE DEL ANEJO N°4: EXPROPIACIÓN

ANEJO N°4: EXPROPIACIÓN	176
ÍNDICE DE FIGURAS	178
1. INTRODUCCIÓN	179
2. NORMATIVA	179
3. LOCALIZACIÓN DE LA EXPROPIACIÓN	180
4. PRESUPUESTO	181

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Superficie de expropiación (Fuente: Propia)	180
---	-----

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente documento es la realización de una valoración sobre la parcela a expropiar para poder llevar a cabo el proyecto de reuso de agua tratada de la EDAR La Arboleda. En concreto, será necesaria la expropiación de 666 m² de terreno de secano colindante con la actual EDAR.

2. NORMATIVA

- Ley de Expropiación Forzosa del 16 de Diciembre de 1954.
- Decreto de 26 de abril de 1957 por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Expropiación Forzosa.
- Ley 8/1987, de 20 de noviembre, sobre creación de los Jurados Territoriales de Expropiación Forzosa.
- Ley 2/2006, de 30 de junio, de Suelo y Urbanismo.
- Real Decreto 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana.
- Real Decreto 3288/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el reglamento de gestión urbanística para el desarrollo y aplicación de la ley sobre régimen del suelo y ordenación urbana.
- Real Decreto 2187/1978, de 23 de junio, por el que se aprueba el reglamento de disciplina urbanística para el desarrollo y aplicación de la ley sobre régimen del suelo y ordenación urbana.
- Real Decreto 2159/1978, de 23 de junio, por el que se aprueba el reglamento de planeamiento para el desarrollo y aplicación de la ley sobre régimen del suelo y ordenación urbana.
- Decreto 635/1964, de 5 de marzo, que aprueba el reglamento de edificación forzosa y registro municipal de solares.

3. LOCALIZACIÓN DE LA EXPROPIACIÓN

El terreno de secano a expropiar está señalizado en la siguiente fotografía y consta de 666 m², distribuidos en un rectángulo de 37 m de largo por 18 de ancho.

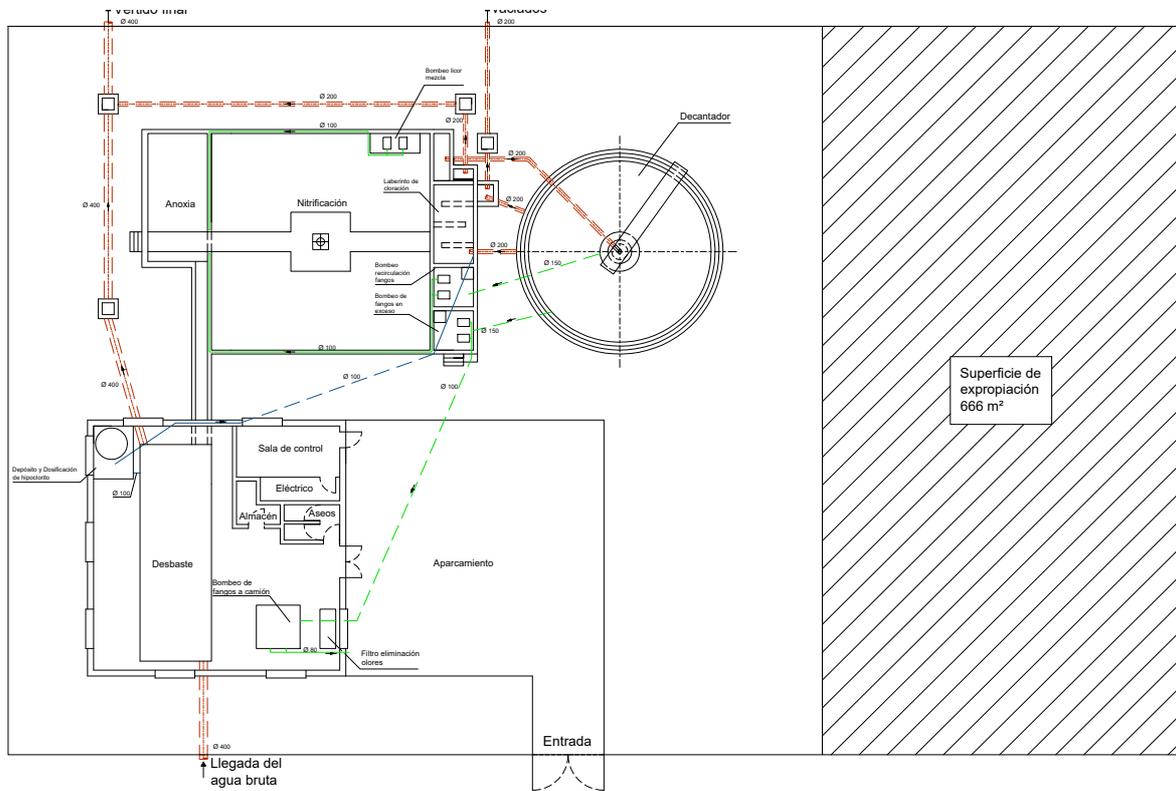


Figura 1: Superficie de expropiación (Fuente: Propia)

Se ha tratado que el terreno a expropiar sea mínimo, pero a su vez proporcionando el suficiente espacio para un diseño adecuado de la ampliación de la EDAR La Arboleda.

Además, disponer de espacio útil para la explotación, conservación y mantenimiento de la estación depuradora.

4. PRESUPUESTO

El valor de un terreno depende del tipo en el que está catalogado. Así, el terreno a expropiar en este proyecto está clasificado como “terreno rústico para cultivar huerta”. Teniendo en cuenta la legislación anteriormente citada, se debe dar un valor medio de mercado en la zona para el uso anteriormente citado. Para el caso concreto de los 666 m² de terreno a expropiar en este proyecto es de 5,5 euros/m² y supone un valor total de 3663 €.

Por lo tanto, el presupuesto para la expropiación necesaria asciende a la cantidad de **TRES MIL SEISCIENTOS SESENTA Y TRES EUROS.**

ANEJO N°5: PRESUPUESTO PARA
CONOCIMIENTO DE LA
ADMINISTRACIÓN

ANEJO Nº5: PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

El Presupuesto para Conocimiento de la Administración incluye, además del coste de las obras expresado en el “Documento Nº4: Presupuesto”, el valor de las expropiaciones, la reposición de servicios afectados por terceros y los valores estimados para la Asistencia Técnica a la Dirección de Obra y de la Coordinación de Seguridad y Salud.

Con todo ello, se deduce el Presupuesto para Conocimiento de la Administración, que se expone a continuación:

TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	274.478,82 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	190.623,53 €
Expropiaciones	3663 €
Reposición servicios afectados por terceros	0
Coordinación de Seguridad y Salud (0,4% PEM)	762,51 €
Asistencia Técnica de la Dirección de Obra (3% PEM)	5.718,71 €
TOTAL PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	284.623,04 €

Asciende el presente Presupuesto para Conocimiento de la Administración a la expresada cantidad de **DOSCIENTOS OCHENTA Y CUATRO MIL SEISCIENTOS VEINTITRES EUROS CON CERO CUATRO CÉNTIMOS.**



ANE ABRISQUETA MOURE

ANEJO Nº 6: CLASIFICACIÓN DEL **CONTRATISTA**

El objeto de este anejo es establecer los grupos y subgrupos en que deben estar clasificados los Contratistas de obras para que puedan ser adjudicatarios de las obras del presente Proyecto de Ampliación de la EDAR de La Arboleda para la reutilización del agua tratada en el Meaztegi Golf.

De acuerdo al artículo 25 y 26 del Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, la empresa contratista que ejecute las obras incluidas en este proyecto deberá tener la clasificación oficial correspondiente.

Grupo: E) Hidráulicas.

Subgrupo 1. Abastecimientos y saneamientos.

Categoría: 2

ANEJO N° 7: DECLARACIÓN DE OBRA
COMPLETA

Dña. Ane Abrisqueta Moure, con D.N.I.79009155S, en cumplimiento del artículo 125 y 127 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Real Decreto 1098/2001 de 12 de octubre) .

DECLARA

Que el Presente Proyecto de ampliación de la EDAR de La Arboleda (Bizkaia) para la reutilización del agua tratada en el Meaztegi Golf , se refiere a una obra completa, susceptible de ser entregada al uso correspondiente, comprendiendo todos y cada uno de los elementos precisos para su utilización, sin perjuicio de qué pueda ser objeto posteriormente.

Y para que conste, a los efectos oportunos, se firma la presente declaración en Bilbao, a 6 de Marzo de 2019.

Bilbao, a 25 de Marzo de 2019

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ane Abrisqueta', written in a cursive style.

ANE ABRISQUETA MOURE