



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Estudio y diseño de una EDAR (Estación
Depuradora de Aguas Residuales) para la
industria textil y análisis económico**

Autor: María del Valle Serrano Riera

Director: Carlos Morales Polo

Madrid

Julio 2020

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Estudio y diseño de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) para la
industria textil y análisis económico

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2019/20 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: María del Valle Serrano Riera

Fecha: 03/07/2020

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Firmado
digitalmente por
Carlos Morales
Polo

Fecha: 2020.08.24
10:48:59 +02'00'

Fdo.: Carlos Morales Polo

Fecha://



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Estudio y diseño de una EDAR (Estación
Depuradora de Aguas Residuales) para la
industria textil y análisis económico**

Autor: María del Valle Serrano Riera

Director: Carlos Morales Polo

Madrid

Julio 2020

ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA EDAR (ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES) PARA LA INDUSTRIA TEXTIL Y ANÁLISIS ECONÓMICO

Autor: Serrano Riera, María del Valle.

Director: Morales Polo, Carlos.

Entidad Colaboradora: ICAI - Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso básico para la supervivencia del ser humano ya que es utilizado para realizar las funciones vitales. Por ello, mantener el agua en buen estado y realizar procesos eficientes para que sea reutilizada es de vital importancia. El ser humano es, en gran medida, causante de la contaminación del agua y de la generación de grandes volúmenes de aguas residuales.

Este proyecto, se centra en mitigar en la medida que sea posible este problema. Por ello, se realiza un estudio de una estación depuradora de agua (EDAR) para la industria textil ya que es una de las industrias más contaminantes. Actualmente, la venta de ropa se ha disparado ya que las prendas se pueden adquirir a precios relativamente bajos. Dichos precios bajos tienen consecuencias tanto ambientales como sociales.

Por otra parte, el funcionamiento de las estaciones depuradoras de aguas ayuda a alcanzar los retos propuestos por Los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En concreto se centra en el objetivo número 6 (Agua limpia y saneamiento). Además, ayuda a mantener los siguientes: el número 3 (Salud y bienestar), el número 9 (Industria innovación e infraestructura), el número 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), el número 12 (Producción y consumo responsables), el número 14 (Vida submarina) y el número 15 (Vida de ecosistemas terrestres) [ODDSXX].

METODOLOGÍA

Para realizar el proyecto se han seguido las siguientes etapas:

1. Estudio de la industria textil y sus contaminantes

Se ha realizado un estudio de la industria textil, los procesos que la caracterizan y cómo dichos procesos afectan a las aguas residuales. Con ello, se obtiene los contaminantes del agua a tratar.

En concreto, en este proyecto se van a utilizar los siguientes valores de contaminantes y de caudal.

	Diseño
DBO (mg O ₂ / l)	700

DQO (mg O ₂ / l)	2250
SS (mg/l)	200
pH	11
N (mg/l)	40
P (mg/l)	40

Q _{DISEÑO} (m ³ /h)	Q _{MAX} (m ³ /h)
146	584

Tabla 1 Valores utilizados en el proyecto. Fuente [LOPE15] y [CRES87]

El agua tras la depuración debe cumplir la normativa que dicta la Directiva 91/271/CEE. Los valores máximos de los contaminantes que exige dicha normativa son los siguientes:

	Concentración
DBO (mg O ₂ / l)	25
DQO (mg O ₂ / l)	125
SS (mg/l)	35
N (mg/l)	15
P (mg/l)	2

Tabla 2 Valores límite de los contaminantes. Fuente [DIREXX]

2. Estudio y selección de las etapas de depuración

Se realiza un estudio de las posibles etapas y posteriormente se seleccionan aquellas que más se adecuan a las características del agua contaminada para obtener los mejores resultados y de la forma más económicamente posible.

3. Dimensionamiento y cálculo de las etapas de depuración

Una vez seleccionadas las etapas se realiza un dimensionamiento detallado de cada una de ellas

4. Estudio del impacto medioambiental

Se realiza un estudio de los impactos positivos y negativos que conlleva la construcción y el funcionamiento de la EDAR para tratar de prevenir los impactos negativos en la medida de lo posible.

5. Análisis Coste-Beneficio (ACB)

Se realiza un detallado estudio económico mediante un Análisis Coste-Beneficio del funcionamiento de la EDAR. Este análisis se realiza en función de los diferentes destinos que tiene el agua.

6. Realización de Anexos

Finalmente, en el apartado de Anexos se encuentra un presupuesto general de la estación depuradora de agua para la industria textil, un pliego de condiciones de ésta y los Objetivos de Desarrollo Sostenibles alcanzados.

SOLUCIÓN ADOPTADA

A continuación, se muestra un diagrama de las etapas de la depuradora de agua para la industria textil para dar solución a la problemática.

- La solución adoptada para la línea de aguas es:

- Pretratamiento

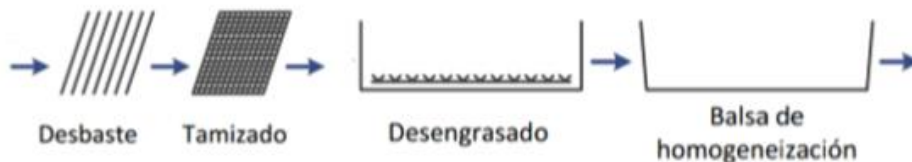


Figura 1 Solución adoptada-Pretratamiento. Fuente [CLED20]

- Tratamiento primario

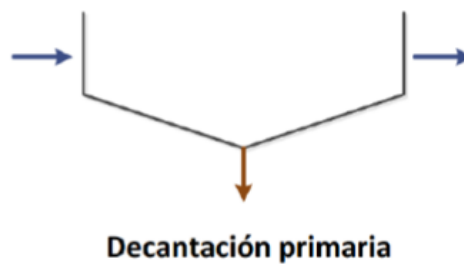
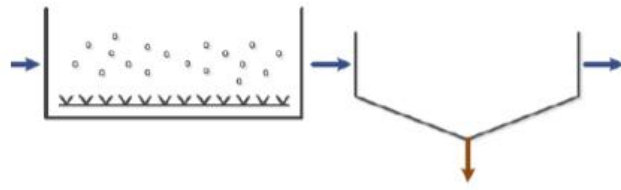
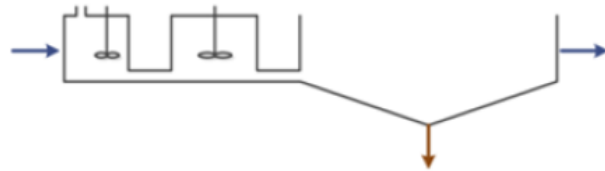


Figura 2 Solución adoptada-Tratamiento primario. Fuente [CLED20]

- Tratamiento secundario



Cultivo en Suspensión + decantación
(Puede incluirse Nitrificación - Desnitrificación)



Cloruro Férrico (FeCl₃)

Figura 3 Solución adoptada-Tratamiento secundario. Fuente [CLED20]

- La solución adoptada para la línea de fangos es:

- Espesamiento

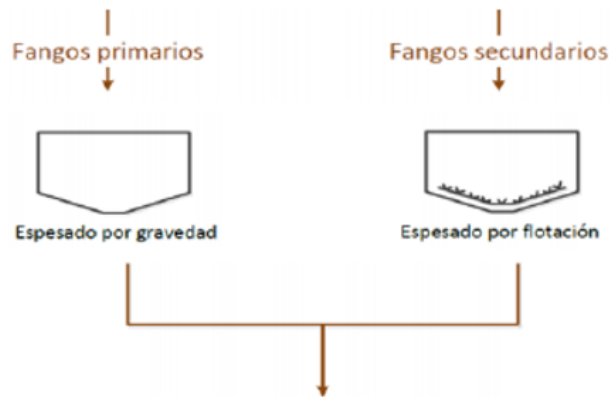


Figura 4 Solución adoptada-Espesamiento. Fuente [CLED20]

- Estabilización

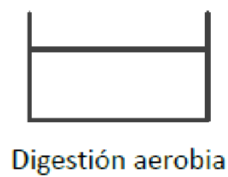


Figura 5 Solución adoptada-Estabilización. Fuente [CLED20]

- Deshidratación



Figura 6 Solución adoptada-Deshidratación. Fuente [CLED20]

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la Tabla 3 se muestra los porcentajes de reducción de los contaminantes y la cantidad de contaminante a la salida de cada una de las etapas de la EDAR. Se destaca que los valores finales obtenidos tras los tratamientos cumplen con la normativa de vertido (Tabla 2).

	Contaminantes	DBO	DQO	SS	N	P
	Entrada (mg/l)	700	2250	200	40	40
Pretratamiento	Desbaste (%)	5	5	10	0	0
	Tamizado (%)	5	5	10	0	0
	Desengrasado (%)	15	15	20	0	0
	Homogeneización (%)	0	0	0	0	0
	Salida (mg/l)	536,99	1726,03	129,60	40,00	40,00
Tratamiento primario	Decantación (%)	35	40	70	0	0
	Salida (mg/l)	349,04	1035,62	38,88	40,00	40,00
Tratamiento secundario	Biológico Aerobio (%)	93	93	65	0	0
	Nitrificación-Desnitrificación (%)	0	0	0	85	0
	C+F+D (%)	60	70	95	0	97
	Salida (mg/l)	9,77	21,75	0,68	6,00	1,20

Tabla 3 Porcentajes de reducción y cantidad de contaminante

Por otra parte, el beneficio ambiental se calcula multiplicando el precio sombra de cada contaminante por la cantidad de contaminante eliminado durante el proceso de depuración. Los precios sombra (eur/kg) son calculados en función de los efectos negativos que tendría una mala gestión del contaminante. Por ello, cuanto mayor sea la cantidad eliminada del contaminante, mayor es el daño ambiental que ha sido eliminado y mayor es el beneficio ambiental obtenido. Los precios sombra varían en función del destino del agua. El beneficio ambiental obtenido es el siguiente:

Beneficio ambiental en función del destino del agua (eur/m3)				
Contaminantes	Río	Mar	Humedal	Reutilización
DBO	0,023	0,003	0,081	0,040
DQO	0,218	0,022	0,272	0,312
SS	0,001	0,000	0,002	0,002
N	0,556	0,157	2,217	0,890
P	1,201	0,292	4,013	3,076
TOTAL	1,999	0,475	6,585	4,320

Tabla 4 Beneficio ambiental

A continuación, se muestra que el 64% aproximadamente del beneficio ambiental es obtenido gracias a la eliminación del fósforo (P). Mientras que la eliminación de los sólidos en suspensión (SS) apenas afecta al beneficio ambiental.

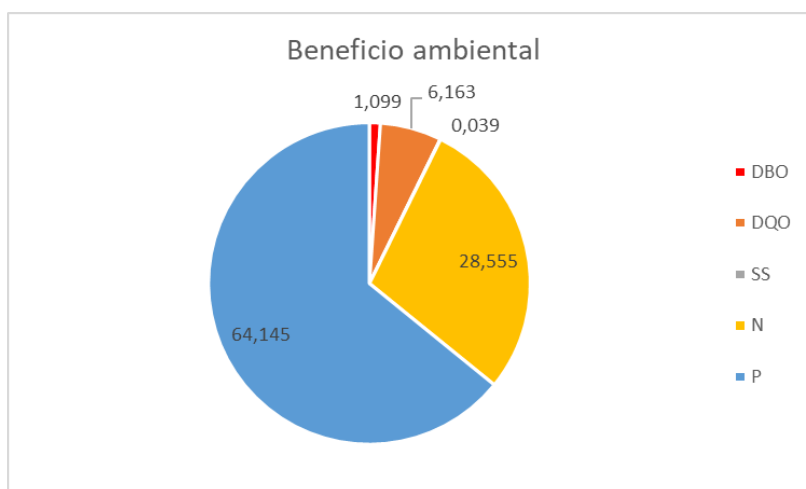


Figura 7 Beneficio ambiental según contaminante eliminado

Finalmente, para obtener el beneficio neto hay que comparar el beneficio ambiental con los costes necesarios que conlleva el funcionamiento y la operación de la depuradora.

	Beneficio ambiental (eur/m3)	Coste (eur/m3)	Beneficio neto (eur/m3)
Rio	1,999	0,200	1,799
Mar	0,475	0,200	0,275
Humedal	6,585	0,200	6,385
Reutilización	4,320	0,200	4,120

Tabla 5 Beneficio neto

Como se observa en la Tabla5, el beneficio neto es siempre positivo independientemente del destino de las aguas, pero es mucho mayor en el caso de que el agua se destine a humedales (terreno de aguas con poca profundidad). Mientras que si el agua es vertida al mar el beneficio neto es menor ya que el daño evitado es pequeño.

BIBLIOGRAFÍA

[CLED20] María del Mar Cledera Castro. Apuntes de Ingeniería y desarrollo sostenible, Tecnología Medioambiental, Contaminación agua. Universidad Pontificia de Comillas. Madrid 2020.

[LOPE15] Víctor López Grimau y Martín Crespi Rosell. Gestión de los efluentes de la industria textil, Instituto de Investigación Textil y Cooperación Industrial de la Universidad Politécnica de Cataluña septiembre de 2015

[CRES87] M. Crespi y J. A. Huertas. Industria Textil: ¿Depuración Biológica o Fisicoquímica? BOL. INTEXTAR. 1987, Nº 92

[GUTI18] Jesús María Gutiérrez Serrano. “Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) para la industria conservera y de los transformados vegetales”. Proyecto de fin de grado, Universidad Pontificia de Comillas, ICAI. Junio 2018.

[DIREXX] Directiva 91/271/CEE. Sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Manual de interpretación y elaboración de informes pp. 8-9.

[ODDSXX] Objetivos de Desarrollo Sostenible. Página web oficial.

[TORR19] Álvaro de la Torre Aguilar. “Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) para la industria textil”. Proyecto de fin de grado, Universidad Pontificia de Comillas, ICAI. Julio 2019.

.

STUDY AND DESIGN OF A WWTP (WASTEWATER TREATMENT PLANT) FOR THE TEXTILE INDUSTRY AND ECONOMIC ANALYSIS

Author: Serrano Riera, María del Valle.

Supervisor: Morales Polo, Carlos.

Collaborating Entity: ICAI - Universidad Pontificia Comillas.

PROJECT SUMMARY

INTRODUCTION

Water is a basic resource for human survival since it is used to perform vital functions. For this reason, maintaining water in good condition and carrying out efficient processes so that it can be reused is of vital importance. Human beings are, to a large extent, the cause of water pollution and the generation of large volumes of wastewater.

This project focuses on mitigating this problem as much as possible. For this reason, a study of a water treatment plant (WWTP) for the textile industry is being carried out since it is one of the most polluting industries. Currently, the sale of clothes has shot up as the garments are available at relatively low prices. These low prices have both environmental and social consequences.

On the other hand, the operation of water treatment plants helps to meet the challenges proposed by the Sustainable Development Goals. It focuses on objective number 6 (clean water and sanitation). In addition, it helps to maintain the following: number 3 (Health and well-being), number 9 (Industry, innovation and infrastructure), number 11 (Sustainable cities and communities), number 12 (Responsible production and consumption), number 14 (Underwater life) and number 15 (Life of terrestrial ecosystems) [ODDSXX].

METHODOLOGY

The following stages have been followed to carry out the project:

1. Study of the textile industry and its pollutants

A study of the textile industry, the processes that characterize it and how these processes affect wastewater has been carried out. With this, the pollutants in the water to be treated are obtained.

Specifically, the following pollutant and flow values are going to be used in this project.

	Design
DBO (mg O ₂ / l)	700
DQO (mg O ₂ / l)	2250
SS (mg/l)	200
pH	11
N (mg/l)	40
P (mg/l)	40

Q _{DESIGN} (m ³ /h)	Q _{MAX} (m ³ /h)
146	584

Table 1 Values used in the project. Source [LOPE15] and [CRES87]

The water after purification must comply with the regulations laid down in Directive 91/271/EEC. The maximum values of the contaminants required by these regulations are as follows:

	Concentration
DBO (mg O ₂ / l)	25
DQO (mg O ₂ / l)	125
SS (mg/l)	35
N (mg/l)	15
P (mg/l)	2

Table 2 Limit values for pollutants. Source [DIREXX]

2. Study and selection of the purification stages

A study of the possible stages is carried out and then those that best suit the characteristics of the contaminated water are selected to obtain the best results and in the most economical way possible.

3. Sizing and calculation of the treatment stages

Once the stages have been selected, a detailed sizing of each one is carried out

4. Study of the environmental impact

A study of the positive and negative impacts of the construction and operation of the WWTP is carried out to try to prevent negative impacts as far as possible.

5. Cost-Benefit Analysis (CBA)

A detailed economic study is carried out by means of a Cost-Benefit Analysis of the operation of the WWTP. This analysis is carried out according to the different destinations of the water.

6. Accomplishment of Annexes

Finally, in the section on Annexes, there is a general budget for the water treatment plant for the textile industry, its specifications and the Sustainable Development Goals achieved.

SOLUTION ADOPTED

Below is a diagram of the stages of the water treatment plant for the textile industry to provide a solution to the problem.

- The solution adopted for the water line is:

- Pretreatment



Figure 1 Adopted Solution-Pretreatment. Source [CLED20]

- Primary treatment

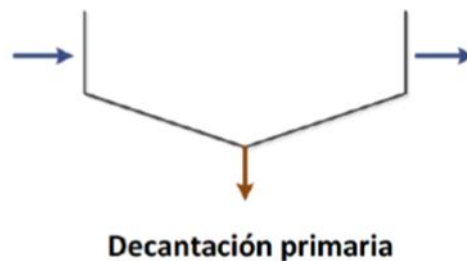


Figure 2 Adopted Solution-Primary treatment. Source [CLED20]

- Secondary treatment

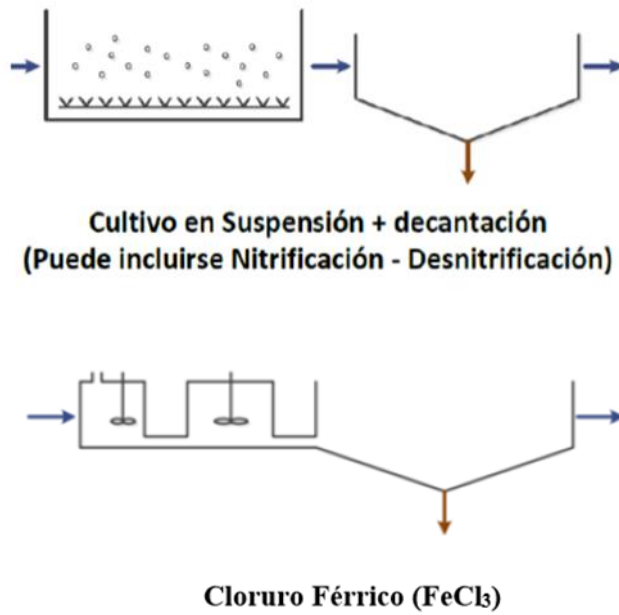


Figure 3 Adopted Solution-Secondary treatment. Source [CLED20]

- The solution adopted for the sludge line is:
 - Thickening

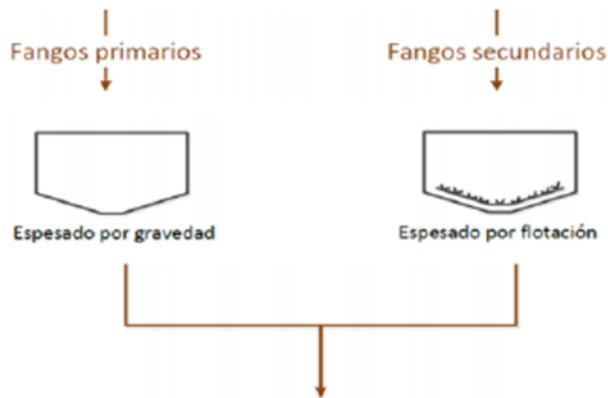


Figure 4 Adopted Solution-Thickening. Source [CLED20]

- Stabilization

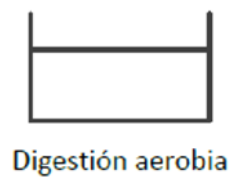


Figure 5 Solution Adopted-Stabilization. Source [CLED20]

- Dehydration



Figure 6 Solution adopted - Dehydration. Source [CLED20]

RESULTS AND CONCLUSIONS

Table 3 shows the percentages of pollutant reduction and the amount of pollutant at the exit of each of the stages of the WWTP. It should be noted that the final values obtained after the treatments comply with the discharge regulations (Table 2).

	Contaminants	DBO	COD	SS	N	P
	Entrance (mg/l)	700	2250	200	40	40
Pretreatment	Roughing (%)	5	5	10	0	0
	Sieving (%)	5	5	10	0	0
	Degreasing (%)	15	15	20	0	0
	Homogenization (%)	0	0	0	0	0
	Exit (mg/l)	536,99	1726,03	129,60	40,00	40,00
First Treatment	Decantation (%)	35	40	70	0	0
	Exit (mg/l)	349,04	1035,62	38,88	40,00	40,00
Second Treatment	Aerobic Biological (%)	93	93	65	0	0
	Nitrification - Denitrification (%)	0	0	0	85	0
	C+F+D (%)	60	70	95	0	97
	Exit (mg/l)	9,77	21,75	0,68	6,00	1,20

Table 3 Reduction percentages and amount of pollutant

On the other hand, the environmental benefit is calculated by multiplying the shadow price of each pollutant by the amount of pollutant removed during the purification process. The shadow prices (eur/kg) are calculated according to the negative effects that poor management of the pollutant would have. Therefore, the greater the quantity of the pollutant eliminated, the greater the environmental damage that has been eliminated and the greater the environmental benefit obtained. Shadow prices vary depending on the destination of the water. The environmental benefit obtained is as follows:

Environmental benefit depending on the destination of the water (eur/m ³)				
Contaminants	River	Sea	Wetland	Reuse
DBO	0,023	0,003	0,081	0,040
COD	0,218	0,022	0,272	0,312
SS	0,001	0,000	0,002	0,002
N	0,556	0,157	2,217	0,890
P	1,201	0,292	4,013	3,076
TOTAL	1,999	0,475	6,585	4,320

Table 4 Environmental Benefit

It is shown below that approximately 64% of the environmental benefit is obtained through the elimination of phosphorus (P). While the elimination of suspended solids (SS) hardly affects the environmental benefit.

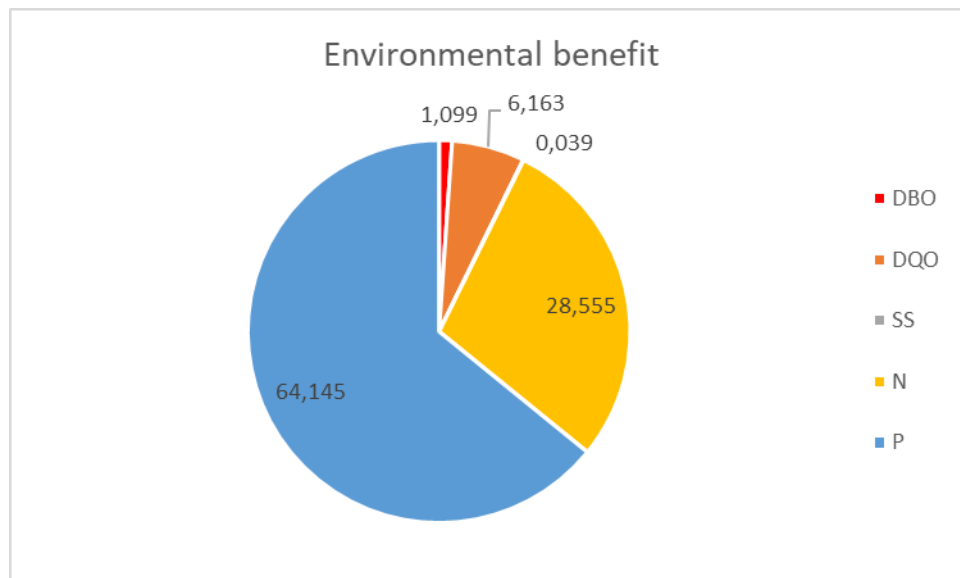


Figure 7 Environmental Benefit as Pollutant Eliminated

Finally, to obtain the net benefit it is necessary to compare the environmental benefit with the necessary costs involved in the functioning and operation of the treatment plant.

	Environmental benefit (eur/m ³)	Cost (eur/m ³)	Net benefit (eur/m ³)
River	1,999	0,200	1,799
Sea	0,475	0,200	0,275
Wetland	6,585	0,200	6,385
Reuse	4,320	0,200	4,120

Table 5 Net benefit

As shown in Table 5, the net benefit is always positive regardless of the destination of the water, but it is much greater if the water is destined for wetlands (shallow water terrain).

While if the water is discharged to the sea the net benefit is lower as the damage avoided is small.

BIBLIOGRAPHY

[CLED20] María del Mar Cledera Castro. Apuntes de Ingeniería y desarrollo sostenible, Tecnología Medioambiental, Contaminación agua. Universidad Pontificia de Comillas. Madrid 2020.

[LOPE15] Víctor López Grimau y Martín Crespi Rosell. Gestión de los efluentes de la industria textil, Instituto de Investigación Textil y Cooperación Industrial de la Universidad Politécnica de Cataluña septiembre de 2015

[CRES87] M. Crespi y J. A. Huertas. Industria Textil: ¿Depuración Biológica o Fisicoquímica? BOL. INTEXTAR. 1987, N° 92

[GUTI18] Jesús María Gutiérrez Serrano. “Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) para la industria conservera y de los transformados vegetales”. Proyecto de finde grado, Universidad Pontificia de Comillas, ICAI. Junio 2018.

[DIREXX] Directiva 91/271/CEE. Sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Manual de interpretación y elaboración de informes pp. 8-9.

[ODDSXX] Objetivos de Desarrollo Sostenible. Página web oficial.

[TORR19] Álvaro de la Torre Aguilar. “Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) para la industria textil”. Proyecto de finde grado, Universidad Pontificia de Comillas, ICAI. Julio 2019.

Índice del proyecto

Capítulo 1. Memoria.....	9
1.1 Introducción.....	9
1.2 Objetivos del proyecto y motivación.....	10
1.3 Metodología de trabajo y recursos a emplear.....	12
1.4 Contaminación en la industria textil.....	13
1.4.1 Introducción.....	13
1.4.2 Procesos característicos de la industria textil.....	13
1.4.3 Materias primas características de la industria textil.....	15
1.4.4 Impacto ambiental de la industria textil.....	16
1.5 Procesos de depuración.....	17
1.5.1 Línea de aguas.....	20
1.5.2 Línea de fangos.....	35
1.5.3 Diseño del proceso.....	38
1.6 Bibliografía.....	46
Capítulo 2. Cálculos.....	49
2.1 Introducción.....	49
2.2 Valores de Partida.....	49
2.3 Línea de aguas.....	51
2.3.1 Pretratamiento.....	51
2.3.2 Tratamiento primario.....	57
2.3.3 Tratamiento secundario.....	58
2.4 Líneas de fangos.....	69
2.4.1 Espesamiento.....	70
2.4.2 Estabilización.....	73
2.4.3 Deshidratación.....	74
2.5 Contaminantes.....	75
2.6 Bibliografía.....	77
Capítulo 3. Impacto medioambiental.....	79
3.1 Introducción.....	79
3.2 Valoración de impactos.....	82

3.3	Medidas preventivas y correctivas	89
3.4	Bibliografía.....	90
Capítulo 4. Análisis Coste-Beneficio		91
4.1	Introducción.....	91
4.2	Método	92
4.3	Datos de partida.....	95
4.4	Resultados	97
4.5	Conclusiones	99
4.6	Bibliografía.....	100
Capítulo 5. Anexos.....		101

Índice de tablas

Tabla 1 Características contaminantes en función del tipo de proceso industrial. Fuente [PERE12].....	15
Tabla 2 Fibras utilizadas en la industria textil. Fuente: [PERE12]	16
Tabla 3 Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas mediante tratamiento secundario. Fuente: [DIREXX].....	18
Tabla 4 Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas mediante tratamiento más riguroso (a). Fuente: [DIREXX].....	18
Tabla 5 Método de medida de referencia en función de parámetros. Fuente: [DIREXX] ..	19
Tabla 6 Objetivos del tratamiento primario. Fuente: [CLED20]	22
Tabla 7 Características de los tanques. Fuente: [CELD20].....	22
Tabla 8 Carga contaminante del afluente de la industria textil Fuente: [LOPE15].....	50
Tabla 9 Caudales de la industria textil Fuente: [CRES87].....	51
Tabla 10 Desbaste, parámetros de partida	51
Tabla 11 Desbaste, resultados	52
Tabla 12 Tamizado, parámetros de partida	52
Tabla 13 Tamizado, resultados	53
Tabla 14 Desarenado, parámetros de partida.....	53
Tabla 15 Desarenado, resultados	54
Tabla 16 Homogeneización, parámetros de partida	55
Tabla 17 Homogeneización, resultados	56
Tabla 18 Tratamiento primario, parámetros de partida decantador primario.....	57
Tabla 19 Tratamiento primario, resultados decantador primario	57
Tabla 20 Tratamiento secundario, parámetros de partida balsa, reactor biológico	58
Tabla 21 Tratamiento secundario, resultados balsa, reactor biológico.....	59
Tabla 22 Tratamiento secundario, parámetros de partida necesidad de oxígeno para nitrificación.....	61
Tabla 23 Tratamiento secundario, resultados necesidad de oxígeno para nitrificación	61

Tabla 24 Tratamiento secundario, parámetros de partida equipos de aireación para nitrificación.....	61
Tabla 25 Tratamiento secundario, resultados equipos de aireación para nitrificación.....	61
Tabla 26 Tratamiento secundario, parámetros de partida, balsa anóxica previa.....	62
Tabla 27 Tratamiento secundario, resultados, balsa anóxica previa	62
Tabla 28 Tratamiento secundario, parámetros de partida, balsa anóxica posterior.....	63
Tabla 29 Tratamiento secundario, resultados, balsa anóxica posterior	63
Tabla 30 Tratamiento secundario, parámetros de partida, balsa de re-aireación final	64
Tabla 31 Tratamiento secundario, resultados, balsa de re-aireación final.....	64
Tabla 32 Tratamiento secundario, parámetros de partida, necesidad de oxígeno y equipos de re-aireación	65
Tabla 33 Tratamiento secundario, resultados, necesidad de oxígeno y equipos de re-aireación	65
Tabla 34 Tratamiento secundario, resumen y balance de alcalinidad	66
Tabla 35 Tratamiento secundario/avanzado, parámetros de partida, dosificación de Cl ₃ Fe	66
Tabla 36 Tratamiento secundario/avanzado, resultados dosificación de Cl ₃ Fe.....	67
Tabla 37 Tratamiento secundario/avanzado, parámetros de partida, arquetas	67
Tabla 38 Tratamiento secundario/avanzado, resultado arquetas	68
Tabla 39 Tratamiento secundario, decantador secundario	69
Tabla 40 Tratamiento secundario, resultados decantador secundario	69
Tabla 41 Parámetros de partida, producción fangos primarios	70
Tabla 42 Resultados, producción fangos primarios.....	70
Tabla 43 Parámetros de partida, espesamiento por gravedad.....	71
Tabla 44 Resultados, espesamiento por gravedad	71
Tabla 45 Parámetros de partida, espesamiento por flotación	72
Tabla 46 Resultados, espesamiento por flotación	72
Tabla 47 Parámetros de partida, digestor aerobio	73
Tabla 48 Resultados, digestor aerobio	73
Tabla 49 Parámetros de partida, necesidad de oxígeno.....	74

Tabla 50 Resultados, necesidad de oxígeno	74
Tabla 51 Parámetros de partida, deshidratación	75
Tabla 52 Resultados, deshidratación	75
Tabla 53 Porcentaje de reducción total y valores finales en el pretratamiento	76
Tabla 54 Porcentaje de reducción total y valores finales en el tratamiento primario.....	76
Tabla 55 Porcentaje de reducción total y valores finales en el tratamiento secundario	77
Tabla 56 Matriz de impactos en la fase de construcción de la EDAR. Fuente [MACH17] y [NOTA07]	80
Tabla 57 Matriz de impactos en la fase de producción/explotación de la EDAR. Fuente [MACH17] y [NOTA07].....	81
Tabla 58 Valores de intensidad. Fuente: [NOTA07].....	82
Tabla 59 Valores de extensión. Fuente: [NOTA07].....	83
Tabla 60 Valores de momento. Fuente: [NOTA07]	83
Tabla 61 Valores de persistencia. Fuente: [NOTA07]	83
Tabla 62 Valores de reversibilidad. Fuente: [NOTA07]	84
Tabla 63 Valores de recuperabilidad. Fuente: [NOTA07]	84
Tabla 64 Valores de sinergia. Fuente: [NOTA07]	85
Tabla 65 Valores de acumulación. Fuente: [NOTA07].....	85
Tabla 66 Valores de efecto. Fuente: [NOTA07]	85
Tabla 67 Valores de periodicidad. Fuente: [NOTA07]	85
Tabla 68 Valores de importancia del impacto. Fuente: [NOTA07]	86
Tabla 69 Impacto en la fase de construcción.....	88
Tabla 70 Impacto en la fase de funcionamiento	88
Tabla 71 Precios sombra y precio del agua. Fuente: [HERN09].....	95
Tabla 72 Precio genérico medio de los inputs. Fuente: [HERN10]	95
Tabla 73 Precio anual de los inputs	96
Tabla 74 Cantidad de outputs deseables.....	96
Tabla 75 Cantidad de outputs no deseables.....	96
Tabla 76 Cantidad de contaminantes eliminados en el proceso	97
Tabla 77 Beneficio ambiental.....	97

Tabla 78 Beneficio neto..... 98

Índice de figuras

Figura 1 Objetivos Desarrollo Sostenible. Fuente: [ODDSXX]	11
Figura 2 Esquema general de una depuradora. Fuente: [CLED20].....	20
Figura 3 Esquema genérico del pretratamiento en la línea de aguas. Fuente: [CLED20]...	21
Figura 4 Esquema genérico del tratamiento primario. Fuente: [CLED20]	23
Figura 5 Esquema básico de un decantador primario circular. Fuente: [CELD20]	24
Figura 6 Esquema básico de un decantador primario rectangular. Fuente: [CELD20].....	25
Figura 7 Esquema básico de un decantador lamelar. Fuente: [CELD20]	26
Figura 8 Imagen lamelas. Fuente: [CLED20]	26
Figura 9 Tratamiento Químico. Fuente: [CLED20]	28
Figura 10 Tratamiento Biológico, Filtro Percolador. Fuente [BIOFI12]	29
Figura 11 Tratamiento Biológico, cultivo fijo o lechos bacterianos. Fuente: [CLED20] ...	29
Figura 12 Tratamiento Biológico, cultivo en suspensión y decantación. Fuente: [CLED20]	
.....	30
Figura 13 Tratamiento Biológico, cultivo en suspensión y decantación (más detallado). Fuente: [CLED20]	30
Figura 14 Tratamiento Biológico Anaerobio. Fuente: [CLED20]	31
Figura 15 Entradas y salidas en la digestión aerobia. Fuente: [CLED20].....	32
Figura 16 Fases de crecimiento de los macroorganismos. Fuente: [CLED20]	32
Figura 17 Relación entre el tiempo de retención y reducción de materia en la digestión aerobia. Fuente: [CLED20]	36
Figura 18 Reacción química en digestión anaerobia. Fuente: [CLED20].....	37
Figura 19 Fases presentes en la digestión anaerobia. Fuente: [CLED20].....	37
Figura 20 Rejas de desbaste. Fuente: [CLED20]	39
Figura 21 Tamiz rotativo. Fuente: [ECMA17].....	40
Figura 22 Separador tipo API. Fuente: [IPPC09].....	41
Figura 23 Resumen etapas del pretratamiento. Fuente: [CLED20].....	41
Figura 24 Resumen tratamiento primario. Fuente: [CLED20].....	42
Figura 25 Resumen tratamiento secundario. Fuente: [CLED20]	43

Figura 26 Resumen espesamiento de los fangos. Fuente: [CLED20]	44
Figura 27 Resumen estabilización de los fangos. Fuente: [CLED20].....	45
Figura 28 Cálculo del factor de punta	50
Figura 29 Curva Imhoff. Fuente: [CLED20].....	60
Figura 30 Beneficio ambiental según contaminante.....	98
Figura 31 Beneficio neto en función del destino del agua	99

Capítulo 1. MEMORIA

1.1 INTRODUCCIÓN

El agua es imprescindible para la supervivencia de la población. El hombre usa este recurso básico para realizar las funciones vitales, de hecho, está formado en gran parte por agua, aproximadamente un 70%. Una persona no podría sobrevivir mucho tiempo sin agua. Debido a esto, es fundamental su mantenimiento en buen estado y la realización de procesos eficientes para su reutilización.

Por otro lado, el ser humano además de hacer uso de este importante recurso también es el causante, en gran medida, de su derroche y contaminación. La gran cantidad de aguas residuales generadas en las industrias y en las zonas urbanas son el motivo por el cual se deben diseñar estaciones depuradoras de agua.

En concreto, este proyecto se centra en la instalación de una Estación Depuradora de Agua (EDAR) para la industria textil ya que es una de las industrias más contaminantes del mundo. La industria textil utiliza el agua en multitud de sus procesos y por ello, genera muchos residuos. Los compuestos que la industria textil utiliza son de difícil biodegradación y altamente concentrados de colorantes. En la actualidad, la compra de ropa ha aumentado considerablemente, debido a su bajo precio. Pero el bajo precio de las prendas tiene graves consecuencias tanto ambientales como sociales.

La función de la estación depuradora es la limpieza de las aguas para su posterior reutilización. Para ello, es necesario realizar un estudio de los contaminantes característicos de esta industria. En función de estos contaminantes se elegirá las etapas adecuadas para el buen funcionamiento de la EDAR.

Cabe mencionar la preocupación de grandes empresas sobre la necesidad de estaciones depuradoras de agua en los lugares más necesitados. Por ejemplo, Acciona creó el año pasado la depuradora más grande del África, en ella se trata un total de 2,5 millones de metros cúbicos al día [ACCI18].

Después de analizar la importancia que tiene el agua en la sociedad para el buen desarrollo de la vida en la tierra, aparece la importancia de dar una solución tecnológica a dicho problema. Por ello, se va a centrar este Trabajo Fin de Máster en una estación depuradora de agua EDAR para la industria textil.

Gracias a esta estación se consigue obtener un agua más limpia. Consecuentemente se obtiene un importante beneficio para el medio ambiente y para la población. Además, da una solución eficiente a un problema actual como es la escasez de agua en el mundo ya que es posible su reutilización.

En este proyecto se estudiarán las líneas de aguas y las líneas de fangos. Para el estudio de las líneas de aguas se deberá realizar un pretratamiento, un tratamiento primario, secundario y finalmente un tratamiento avanzado si fuera necesario. Por otro lado, para el estudio de las líneas de fangos se deberá realizar un espesamiento, una estabilización y finalmente una deshidratación de éstos. Además, se deberá tener en cuenta la normativa europea sobre el tratamiento de las aguas residuales (Dir. 91/271/CEE).

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO Y MOTIVACIÓN

En el pasado, las aguas residuales se vertían directamente a medios acuáticos lo que producía contaminación en dichas aguas y consecuentemente un riesgo importante para la población. Tristemente, hoy en día, este problema no se ha solucionado. Greenpeace denunció la contaminación del mar debido a vertidos de aguas residuales en todas las provincias costeras [ECOD19]. Además, la UE multó al Estado español con una multa de 22 millones ya que no cumplieron con la normativa de depuración de aguas residuales. Se prevé que dicha multa

siga creciendo ya que hay lugares en donde se sigue vertiendo agua incorrectamente [ELPA19].

Por todo lo comentado anteriormente, es primordial la necesidad de estaciones depuradoras de agua y de esta forma conseguir limpiar las aguas residuales procedentes de las industrias, en particular en este caso, de la industria textil. Gracias a la EDAR se cuida del medioambiente y se ayuda al desarrollo sostenible.

Por otra parte, la construcción de la EDAR ayuda a alcanzar muchos de los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Concretamente se centra en el objetivo número 6 (Agua limpia y saneamiento) pero también ayuda a mantener el número 3 (Salud y bienestar), el número 9 (Industria innovación e infraestructura), el número 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), el número 12 (Producción y consumo responsables), el número 14 (Vida submarina) y el número 15 (Vida de ecosistemas terrestres) [ODDSXX].



Figura 1 Objetivos Desarrollo Sostenible. Fuente: [ODDSXX]

Las depuradoras de aguas residuales son clave para el ciclo del agua y por lo tanto para el ciclo de la vida que como dijo Jacques Y. Cousteau “Olvidamos que el ciclo del agua y el ciclo de la vida son uno mismo”.

1.3 *METODOLOGÍA DE TRABAJO Y RECURSOS A EMPLEAR*

La metodología, es decir, pasos a seguir y recursos a emplear para llegar a cabo el proyecto se muestran a continuación.

Para comenzar es primordial comprender cómo la industria textil hace uso del agua en sus procesos y de esa forma entender cómo son los residuos generados. Además, se estudiarán los procesos existentes de depuración para posteriormente elegir los más adecuados.

Tras el análisis de sus contaminantes se procederá al cálculo de datos numéricos. Con ello se conseguirá valores clave para el desarrollo del proyecto, entre ellos, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Posteriormente, se estudiará el diseño de la estación depuradora de agua, es decir, se mostrarán las etapas necesarias que más se ajusten a las necesidades de la industria.

Para finalizar con el diseño de la EDAR, una vez seleccionadas las etapas, se realizarán los cálculos necesarios para el dimensionamiento de los tratamientos seleccionados.

Cabe mencionar la importancia del impacto que conlleva la construcción de la EDAR, así como de su funcionamiento y mantenimiento por lo que se realizará un estudio del impacto medioambiental.

Finalmente, se realizará un detallado análisis económico-ambiental ya que es necesario averiguar el coste ambiental además del coste económico de la depuradora. El coste ambiental implica los efectos negativos que se obtienen de la EDAR en términos monetarios. Estos efectos negativos pueden ser debido al uso de los reactivos, debido a los residuos

finales... Por otro lado, el coste económico implica el precio de construcción y mantenimiento de dicha EDAR. Para realizar este análisis se usará el método conocido como Análisis Coste Beneficio.

1.4 CONTAMINACIÓN EN LA INDUSTRIA TEXTIL

1.4.1 INTRODUCCIÓN

La industria textil es hoy en día una de las industrias más complejas existentes ya que se usa mucha variedad de materias primas para la obtención de las fibras y hay gran variedad de procesos para obtener el resultado deseado. Además, esta industria está formada por empresas de diferentes tamaños, las cuales se pueden especializar en procesos específicos.

En la industria textil se pueden encontrar los siguientes sectores [PERE12]:

- Hilo
- Tejido
- Acabado de tejido
- Producción de menaje
- Tejidos industriales
- Material de punto y complementos

1.4.2 PROCESOS CARACTERÍSTICOS DE LA INDUSTRIA TEXTIL

Los procesos más característicos de la industria textil son los siguientes [PERE12]:

- Encolado es un proceso utilizado para la obtención de fibras más resistentes y flexibles. Las sustancias necesarias para realizar el encolado son: almidones, carboximetil celulosa, alcohol de polivinilo, acetato de polivinilo y polímeros acrílicos

- Chamuscado es un proceso por el cual el tejido se pasa a cierta distancia de un gas para quemar zonas que sobresalen y de esa forma mejorar su aspecto.
- Desencolado es un proceso por el cual se elimina el encolado
- Blanqueado es un proceso en el que se elimina el color amarillento del algodón para facilitar que se tinte con colores más claros.
- Tintado es el proceso más conocido en la industria textil. Su objetivo es poner color a las fibras. Este proceso utiliza gran cantidad de agua, tanto para el tintado como para su lavado posterior. Las etapas presentes en el tintado son:
 - Disolver el colorante
 - Acumular dicho colorante en el material que se desea tinter
 - El colorante se traslada al interior de las fibras
 - Se produce la fijación del colorante
 - Lavar y secar el material
- Estampado es un proceso de aplicación de color a un sustrato. Pero en este caso, el color es aplicado en zonas concretas. Por ello, es necesario utilizar técnicas y maquinas diferentes, aunque los procesos físicos y químicos son los mismos que en el tintado.
- Acabado es un proceso utilizado en la industria textil para cambiar la apariencia, comportamiento o tacto de la tela. Hay acabados visibles o invisibles como el coloreado o planchado respectivamente.

A continuación, se muestran los contaminantes característicos en función del tipo de proceso industrial usado por la industria textil:

Parámetros	Categorías						
	Descrudado de lana	Manufactura de hilo y tejido	Acabado de lana	Acabado de tejido de hilo	Acabado de tejido de punto	Manufactura de alfombras	Tintado y acabado hilos
DBO ₅ /DQO	0.2	0.29	0.35	0.54	0.35	0.3	0.31
DBO ₅ (mg/l)	6000	300	350	650	350	300	250
SST (mg/l)	8000	130	200	300	300	120	75
DQO (mg/l)	30000	1040	1000	1200	1000	1000	800
Aceites y grasas (mg/l)	5500	-	-	14	53	-	-
Cromo total (mg/l)	0.05	4	0.014	0.04	0.05	0.42	0.27
Fenol (mg/l)	1.5	0.5	-	0.04	0.24	0.13	0.12
Sulfuros (mg/l)	0.2	0.1	8.0	3.0	0.2	0.14	0.09
Color (ADMI)	2000	1000	-	325	400	600	600
pH	8.0	7.0	10	10	8.0	8.0	11
Temperatura (°C)	28	62	21	37	39	20	38
Uso agua (l/kg)	36	33	13	113	150	69	150

Tabla 1 Características contaminantes en función del tipo de proceso industrial. Fuente [PERE12]

1.4.3 MATERIAS PRIMAS CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA TEXTIL

En la siguiente Tabla 2 se muestran las fibras que se utilizan en la industria textil según su origen.

Origen natural	Origen animal	Lana, pelo, seda	
	Origen vegetal	Algodón, cáñamo, lino, ramio, yuste	
	Origen mineral	Asbesto	
	Fibras artificiales	Polímeros naturales	Acetato, cupro, liocel, triacetato, viscosa
Origen Químico	Fibras sintéticas	Polímeros orgánicos	Acrílico, elastano, poliamida, poliéster, polipropileno
		Polímeros inorgánicos	Metal (fibra de metal)
			Vidrio (fibra de vidrio)

Tabla 2 Fibras utilizadas en la industria textil. Fuente: [PERE12]

Cabe mencionar, que la industria textil usa productos químicos y otros productos auxiliares como materias primas. Estos son: colorantes y pigmentos para teñir tejidos, reactivos básicos y productos auxiliares.

1.4.4 IMPACTO AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA TEXTIL

En este apartado se realiza una breve exposición del impacto ambiental de la industria textil. Mas adelante se explican los impactos ambientales en las fases de construcción y explotación en una matriz de impactos.

La industria textil es una de las más contaminantes del mundo y una de las industrias que más emisiones de CO₂ produce. Además, genera millones de residuos y grandes volúmenes de aguas residuales.

Hoy en día, se pueden encontrar precios muy bajos en prendas, pero esto conlleva grandes consecuencias. Las condiciones laborales lamentables que tienen los trabajadores de estas industrias es una de las consecuencias más relevantes. Los ciudadanos se dejan guiar por los

bajos precios y se realizan compras totalmente innecesarias por lo que la demanda en la industria textil crece cada día. Para reducir el impacto ambiental de la industria textil habría que reducir las compras principalmente ya que muchas son desechadas con el paso del tiempo.

Cabe mencionar que la industria textil arroja sustancias muy peligrosas al medio ambiente en la zona industrial de Binhai, Linjiang y Jjingdong entre otras como se describe en el estudio publicado en noviembre de 2012 por Greenpeace Internacional.

1.5 PROCESOS DE DEPURACIÓN

En esta sección se realizará un estudio general de las etapas que suele tener una depuradora de agua (EDAR). Las etapas que se van a utilizar para la industria textil vienen determinadas por los contaminantes que se utilizan para llegar al objetivo principal, es decir, la creación de ropa.

La finalidad de una depuración es que el agua vuelva a tener unas características concretas en la medida que sea posible para poder ser reutilizada. El agua tras la depuración debe cumplir una normativa que dicta la Directiva 91/271/CEE. En las siguientes tablas, Tabla 3 y Tabla 4 se muestra los parámetros a estudiar, la concentración en mg/L de cada uno de estos parámetros y el porcentaje mínimo de reducción para cumplir la normativa.

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción (b)
DBO ₅ (c) (a 20° C sin nitrificación)	25 mg/L O ₂	70-90 %
DQO	125 mg/L O ₂	75 %
Total sólidos en suspensión	35 mg/L (d)	90 % (d)

- (a) O proceso equivalente. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción.
 (b) Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada.
 (c) Este parámetro puede sustituirse por otro: carbono orgánico total (COT) o demanda total de oxígeno (DTO), si puede establecerse una correlación entre la DBO₅ y el parámetro sustituto.
 (d) Este requisito es optativo. Los análisis de vertidos procedentes de sistemas de depuración por lagunaje se llevarán a cabo sobre muestras filtradas; no obstante, la concentración de sólidos en suspensión en las muestras de agua sin filtrar no deberá superar los 150 mg/L.

Tabla 3 Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas mediante tratamiento secundario. Fuente: [DIREXX]

Parámetros	Concentración		Porcentaje mínimo de reducción (b)
	10.000 a 100.000 h-e	> 100.000 h-e	
Fósforo total	2 mg/L P	1 mg/L P	80 %
Nitrógeno total (c) (mg/L N)	15 mg/L N (d)	10 mg/L N	70-80 %

- (a) Según la situación local se podrá aplicar uno o los dos parámetros. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción
 (b) Reducción relacionada con la carga del caudal de entrada
 (c) Nitrógeno total equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (N orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato (NO₃) y nitrógeno en forma de nitrito (NO₂)
 (d) Estos valores de concentración constituyen medias anuales según el punto 3º del apartado A) 2 del Anexo III del RD. 509/96. No obstante, los requisitos relativos al nitrógeno pueden comprobarse mediante medias diarias cuando se demuestre, que de conformidad con el apartado A)1 del Anexo III se obtiene el mismo nivel de protección. En ese caso la media diaria no deberá superar los 20 mg/L de Nitrógeno total para todas las muestras, cuando la temperatura del efluente del reactor biológico sea superior o igual a 12 ° C. En sustitución del requisito relativo a la temperatura, se podrá aplicar una limitación del tiempo de funcionamiento que tenga en cuenta las condiciones climáticas regionales

Tabla 4 Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas mediante tratamiento más riguroso (a). Fuente: [DIREXX]

Por otra parte, también es necesario tener en cuenta el método en el que se deben medir los parámetros que se van a estudiar. En las siguiente Tabla 5, se explican estos métodos en función de los parámetros.

Parámetros	Método
DBO ₅ (a 20° C sin nitrificación)	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Determinación del oxígeno disuelto antes y después de 5 días de incubación a 20 ± 1° C, en completa oscuridad. Aplicación de un inhibidor de la nitrificación
DQO	Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicromato potásico
Total sólidos en suspensión	- Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105 ° C y pesaje - Centrifugación de una muestra representativa (durante 5 min como mínimo, con una aceleración de 2.800 a 3.200 g), secado a 105° C y pesaje
Fósforo total	Espectrofotometría de absorción molecular
Nitrógeno total	Espectrofotometría de absorción molecular

Tabla 5 Método de medida de referencia en función de parámetros. Fuente: [DIREXX]

Como se puede comprender de las tablas anteriores el objetivo principal es alcanzar los valores exigidos según la normativa de los siguientes parámetros:

- DBO₅ y DQO
- Número total de sólidos en suspensión (SS)
- Fósforo (P)
- Nitrógeno (N)
- Coliformes totales

Para llevar a cabo el proyecto, es necesario el estudio de las líneas de aguas y líneas de fangos. En la siguiente Figura 2 se muestra un esquema general de una depuradora. Las líneas principales son las líneas de agua y las líneas de fangos y éstas se detallarán a continuación.

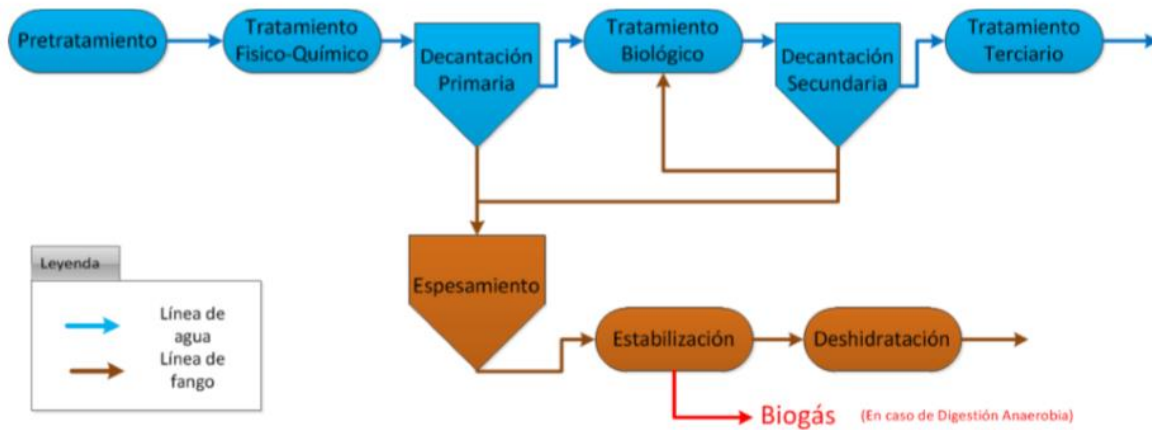


Figura 2 Esquema general de una depuradora. Fuente: [CLED20]

1.5.1 LÍNEA DE AGUAS

En las líneas de aguas, el afluente, es decir, el agua residual que proviene de la industria textil llega al sistema y pasa por varias etapas en las cuales se producen tratamientos para que a la salida del sistema se obtenga el efluente, es decir, el agua depurada. El objetivo de estos vertidos es que no tengan efectos negativos para el medio ambiente. Las etapas por las que pasa el agua contaminada son: pretratamiento, tratamiento primario, secundario y avanzado.

1.5.1.1 Pretratamientos

El pretratamiento es el primer proceso por el que pasa el agua contaminada. Su objetivo es la eliminación de materias más grandes, arenas que se encuentran distribuidas en el agua y residuos flotantes. Por ello, el pretratamiento se encarga de preparar el agua para que en los

futuros procesos las máquinas no corran ningún riesgo. En la siguiente Figura 3 se muestra el típico esquema de las fases de un pretratamiento en una EDAR.

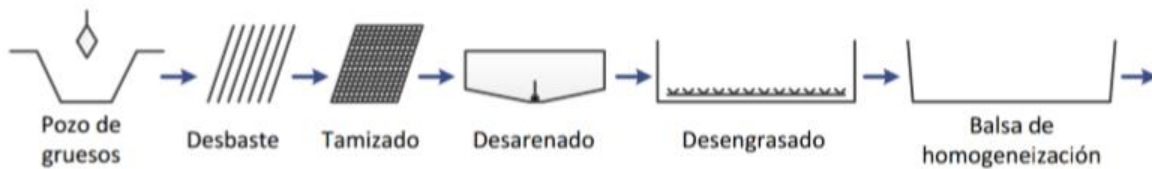


Figura 3 Esquema genérico del pretratamiento en la línea de aguas. Fuente: [CLED20]

- El pozo de gruesos es necesario cuando se prevé la existencia de sólidos de un tamaño considerado. En este sistema se desvían dichos sólidos a una zona específica y posteriormente se extraen mediante una cuchara bivalva.
- El desbaste y tamizado se utiliza para eliminar residuos grandes que no hayan sido localizados en el pozo de gruesos, de ese modo, se evita obstrucciones y ayuda a aumentar el rendimiento y eficiencia de la instalación. Los elementos que se usan en este proceso son las rejillas y los tamices. Los residuos que se extraen de este proceso se pueden triturar, incinerar o llevar a un vertedero.
- El desarenado es necesario para eliminar del agua partículas de unas dimensiones mayores de 1mm.
- El desengrasado se utiliza para eliminar grasas, aceites, espumas o elementos de poco peso del agua. El procedimiento que se utiliza es el de insuflación de aire, gracias al cual las partículas a eliminar flotan y su posterior recogida es más sencilla. Estos residuos flotantes son llevados al vertedero.
- La balsa de homogeneización o equalización se usa cuando es necesario homogeneizar el caudal y la carga orgánica. En esta fase se produce un equilibrio del pH y de los nutrientes. Las ventajas que tiene es que requiere una construcción sencilla, pero de grandes superficies para llevarla a cabo. Su uso es recomendable cuando se dan una de las siguientes características:

$$\frac{Q \text{ punta}}{Q \text{ medio}} > 2 \quad \text{ó} \quad \frac{DBO \text{ punta}}{DBO \text{ medio}} > 2$$

1.5.1.2 Tratamiento primario

El objetivo del tratamiento primario es la eliminación de sólidos en suspensión (SS) que se encuentran en el agua residual y que no se hayan eliminado previamente y la reducción de materia orgánica DBO₅.

Objetivos del tratamiento primario	
Reducción de los sólidos en suspensión S.S.	60%
Reducción de DBO ₅	33%
Separación del resto de material flotante	
Homogeneización de caudales	

Tabla 6 *Objetivos del tratamiento primario. Fuente: [CLED20]*

Características de los tanques	
Profundidad tanque	2,5 - 5 m
Tiempo de retención en el tanque	20 min - 3 h (media 2h)
Velocidad ascensional	1,25 - 1,75 m/h

Tabla 7 *Características de los tanques. Fuente: [CLED20]*

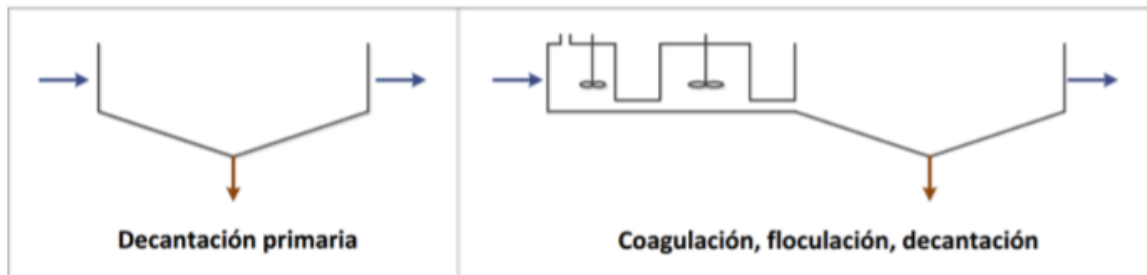


Figura 4 Esquema genérico del tratamiento primario. Fuente: [CLED20]

Existen dos tipos principales de tratamiento primario:

- El tratamiento primario sencillo está formado por un decantador básico que puede ser circular o rectangular cuyo fondo tiene una inclinación considerable para ayudar a la caída de los sólidos. Las partículas se mueven libremente por el decantador debido a una fuerza horizontal (movimiento del agua en el interior del decantador) y una fuerza vertical (gravedad). Una vez la decantación de los sólidos haya tenido lugar, se desvían estos residuos a las líneas de fangos.

Los tipos de decantadores más comunes son los siguientes:

- Decantador circular básico: El agua entra en el decantador por la tubería de entrada. Una vez se encuentra en el decantador se produce la decantación de los lodos que se cuentan con la ayuda de las rasquetas de lodos que guían a los mismos a la zona de extracción.

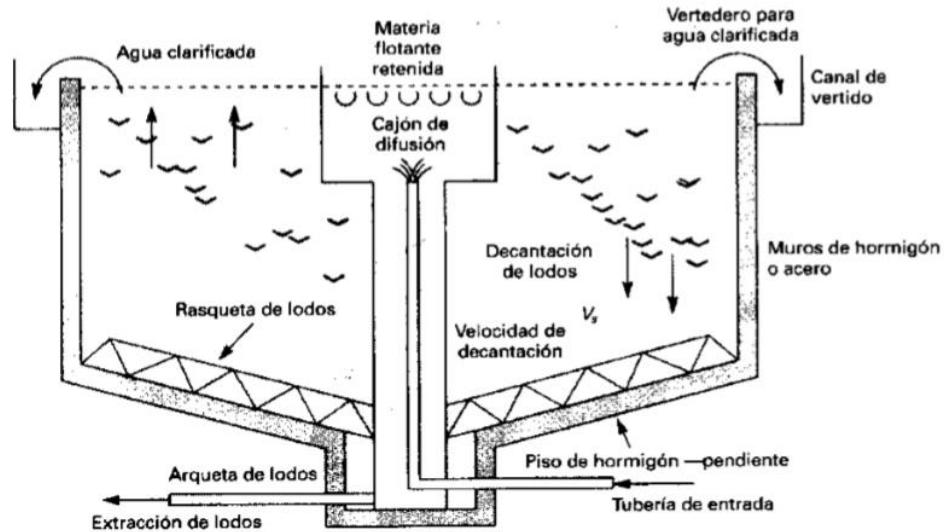


Figura 5 Esquema básico de un decantador primario circular. Fuente: [CELD20]

- Decantador primario rectangular: en este tipo de decantadores el conducto de entrada del agua está situado en un lateral y en el lado contrario se encuentra el canal de recogida de efluente. Además, al igual que en el decantador circular, se encuentran unas rasquetas de fondo. La principal diferencia entre estos dos decantadores es la forma de estos y la pendiente de la solera que es mayor en el circular.

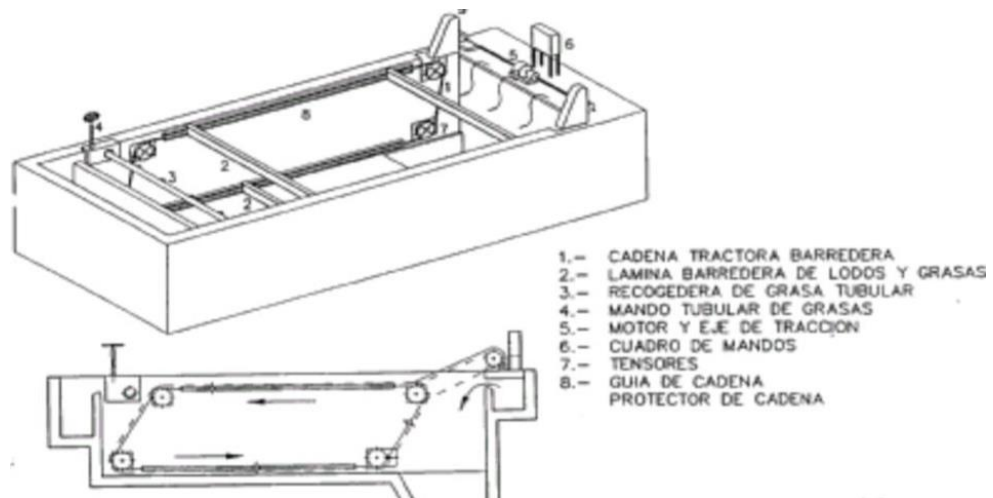


Figura 6 Esquema básico de un decantador primario rectangular. Fuente: [CELD20]

- Decantador Lamelar: este tipo de decantador tiene un rendimiento mayor que el circular y que el rectangular ya que puede llegar a reducir hasta un 60% de DBO_5 . Esto es debido a la pequeña distancia de decantación mediante lamelas. El agua entra en el decantador y los flóculos de mayor tamaño decantan rápidamente mientras que el agua pasa por las lamelas. Si queda algún flóculo junto con el agua, éste cae por gravedad mientras el agua sigue las lamelas inclinadas. Este tipo de decantadores puede conllevar problemas si es necesario la reducción de nutrientes ya que la reducción de DBO_5 es demasiada.

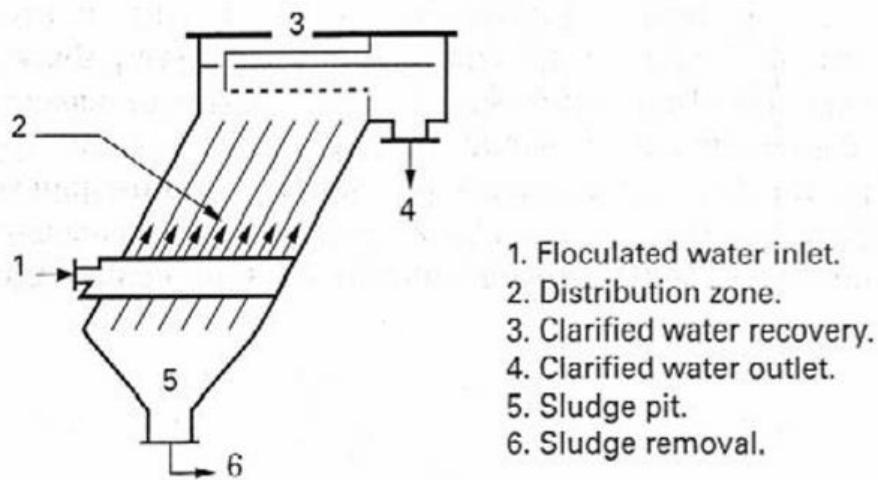


Figura 7 Esquema básico de un decantador lamelar. Fuente: [CELD20]

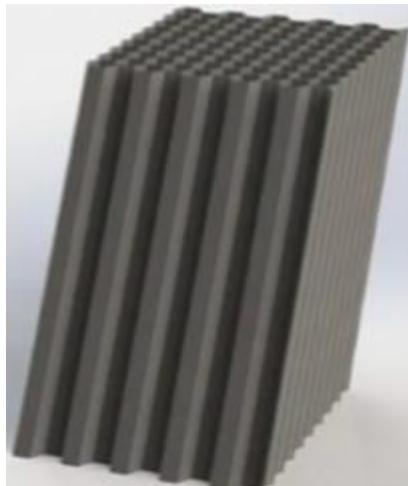


Figura 8 Imagen lamelas. Fuente: [CLED20]

- El tratamiento primario mejorado químicamente (CFD) es más rápido que el anteriormente mencionado ya que se le añaden productos químicos que agilizan la decantación. Como se puede observar en la Figura 4 el tratamiento mejorado químicamente consta de tres partes: coagulación, floculación y decantación. En la

coagulación, los residuos forman una masa o gel provocando que aumenten su volumen. En la floculación se agita dicha masa provocando que se junten unas con otras y consecuentemente que su volumen aumente aún más. Después, se procede a la decantación de dichos fangos y posteriormente su desvío hacia las líneas de fangos. Un inconveniente que cabe mencionar de ese procedimiento es que los fangos obtenidos tras la decantación son difíciles de deshidratar.

- El tratamiento primario mejorado físicamente consiste en una serie de agitadores que se encuentran en el interior de los decantadores que provocan que los sólidos choquen los unos con los otros provocando una floculación debido al choque.

1.5.1.3 Tratamiento secundario

El tratamiento secundario es el encargado de disminuir más la DBO_5 mediante la biodegradación en productos no contaminantes de la materia orgánica. También reduce los patógenos y consigue un agua clarificada bien oxigenada.

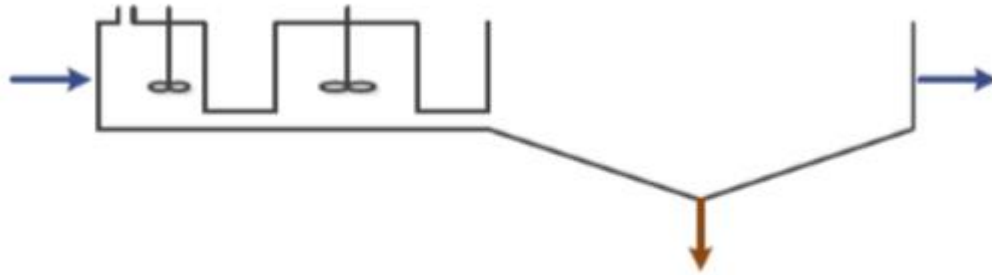
El tratamiento secundario es el más significativo en todo el proceso de una EDAR, por ello, hay que prestarle especial atención e intentar conseguir en la salida las especificaciones reglamentarias. Además, es el proceso que más puede diferir entre unas estaciones y otras.

En la mayoría de los casos, como tratamiento secundario se usa un tratamiento biológico, por ello, el tratamiento secundario también es conocido como tratamiento biológico. Aunque el tratamiento biológico sea el más utilizado, también se puede utilizar el tratamiento biológico.

Los tipos de tratamientos secundarios que se pueden dar y sus correspondientes esquemas son los siguientes

- **Tratamiento Químico:** Este tratamiento es utilizado cuando se da la siguiente condición: $DBO_5 / DQO < 0,2$. Este tratamiento consiste en añadir coagulantes

químicos en el primer tanque para la formación posterior de flóculos en el segundo tanque. Finalmente, estos flóculos decantan en el decantador como se puede apreciar en la Figura 9.



Coagulación, floculación, decantación

Figura 9 Tratamiento Químico. Fuente: [CLED20]

- Tratamiento Biológico con reactor de lechos bacterianos, cultivos fijos o biopelícula. Este tratamiento se utiliza cuando se da la siguiente condición: $0,2 < \text{DBO}_5 / \text{DQO} < 0,4$. El mecanismo de este procedimiento es la filtración. Como lecho se pueden utilizar piedras de 1m de profundidad o plásticos de 6m de profundidad que se introducen en el interior de un tanque circular de hormigón o de acero. Esto forma un filtro de volumen considerable y gran porosidad. La capa bacteriana crece en la superficie de ésta. El agua residual se introduce en el tanque por la parte inferior de este y es rociado por encima del lecho mediante un mecanismo rotativo generalmente impulsado de forma hidráulica. Finalmente, el agua tratada es expulsada por la parte inferior del tanque. Este tratamiento también es conocido como filtro percolador.

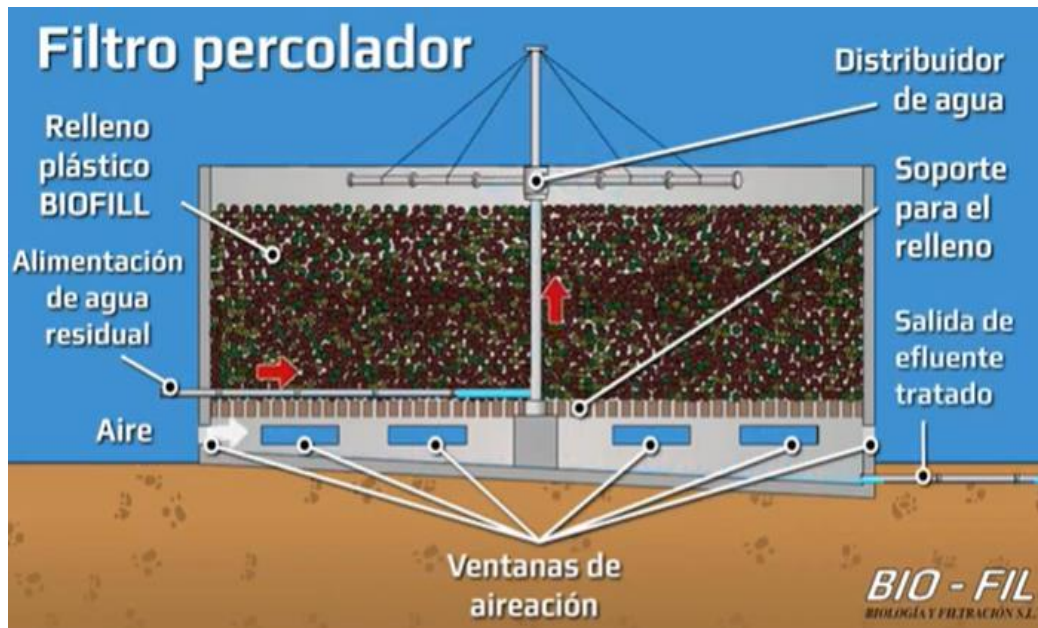


Figura 10 Tratamiento Biológico, Filtro Percolador. Fuente [BIOFI12]

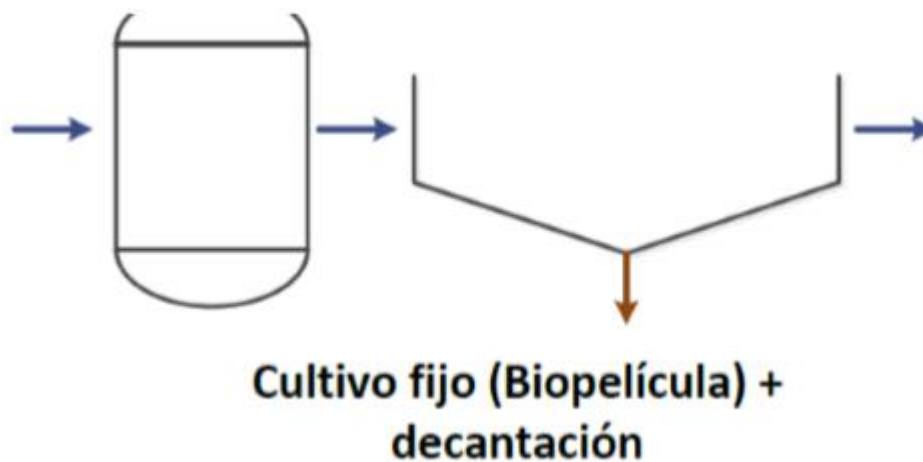


Figura 11 Tratamiento Biológico, cultivo fijo o lechos bacterianos. Fuente: [CLED20]

- Tratamiento Biológico aerobio de fangos activos o cultivos en suspensión: Este tratamiento se utiliza cuando se da la siguiente condición: $DBO_5 / DQO > 0,4$. Los microorganismos se encuentran en la parte superior del tanque (también

conocido como balsa de activación) y se produce la oxidación de la materia orgánica gracias a la aireación que producen turbinas que se encuentran en la superficies o difusores que se encuentran en el interior del tanque. En este tratamiento hay tres tipos de reactores: reactor de mezcla completa, de flujo de pistón y reactor secuencial discontinuo (SBR) en el cual no es necesaria la presencia de un decantador.

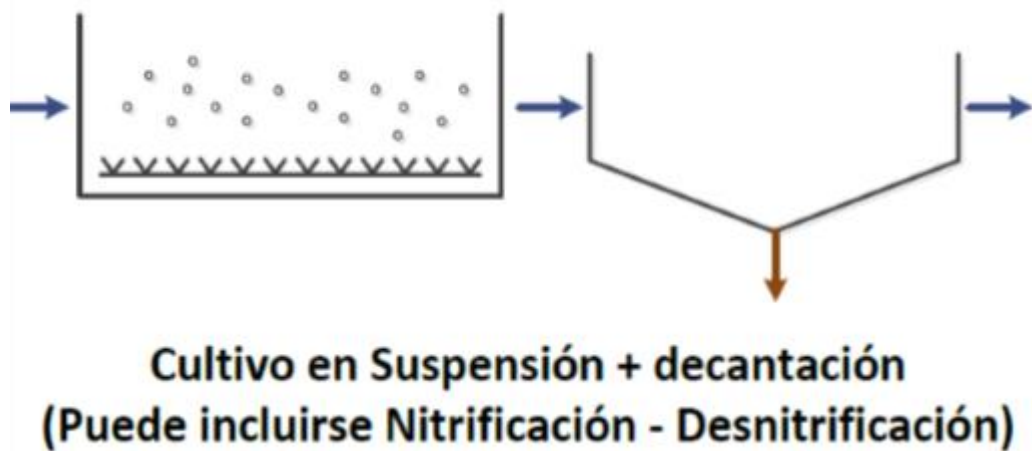


Figura 12 Tratamiento Biológico, cultivo en suspensión y decantación. Fuente: [CLED20]

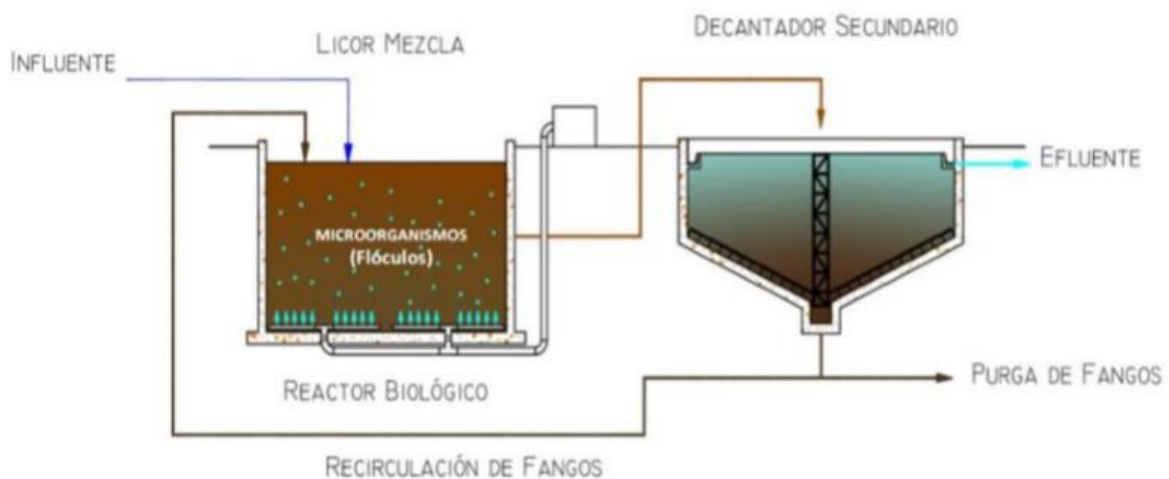
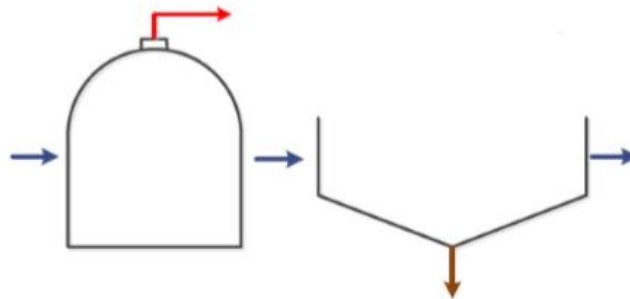


Figura 13 Tratamiento Biológico, cultivo en suspensión y decantación (más detallado). Fuente: [CLED20]

Tratamiento Biológico Anaerobio. Este tratamiento se utiliza cuando se da la siguiente condición: $DBO_5 > 1500 \text{ mg/l}$, es decir, cuando la contaminación del agua es muy elevada. Se caracteriza por ser un proceso que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno. La materia orgánica es convertida en biogás que puede ser aprovechado.



Reactor anaerobio + decantación

Figura 14 Tratamiento Biológico Anaerobio. Fuente: [CLED20]

En los procesos aerobios analizados anteriormente, es decir, en los cuales es necesaria la presencia de oxígeno para conseguir la biodegradación de la materia orgánica se debe dar una relación específica entre nutrientes.

Estos nutrientes deben contar con la cantidad necesaria de oxígeno, deben estar a una temperatura adecuada, el pH debe estar entre 6.5-8.5, la salinidad debe ser menor de 3 g/L. El nitrógeno (N) y el fósforo (P) deben seguir típicamente la siguiente relación:

$$\frac{DBO_5}{100} = \frac{N}{5} = \frac{P}{1}$$

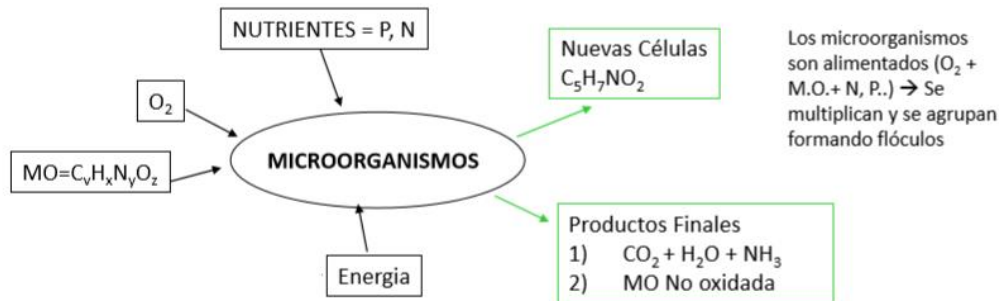


Figura 15 Entradas y salidas en la digestión aerobia. Fuente: [CLED20]

Es fundamental estudiar las fases del crecimiento de los microorganismos ya que gracias a ellos se produce la descomposición de la materia orgánica (MO). Las fases son las siguientes:

1. Fase de retardo
2. Fase de crecimiento estable (logarítmico). Se dan las mejores condiciones para el crecimiento de los microorganismos.
3. Fase estacionaria: El porcentaje de crecimiento de los microorganismos es igual al porcentaje de mortalidad de estos
4. Fase de muerte



Figura 16 Fases de crecimiento de los macroorganismos. Fuente: [CLED20]

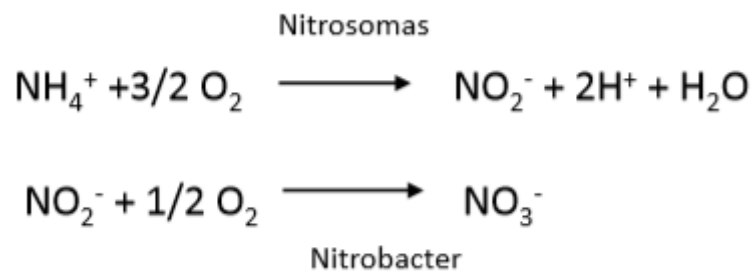
1.5.1.4 Tratamiento avanzado

El tratamiento avanzado, también conocido como terciario es generalmente utilizado cuando es necesario llegar a una concentración muy pequeña de ciertos componentes o si no se ha conseguido alcanzar las cantidades establecidas por la ley en los tratamientos anteriores. Las concentraciones que se pueden llegar a alcanzar son las siguientes:

- $DBO_5 < 25 \text{ mg/l}$
- $SS < 35 \text{ mg/l}$
- Eliminación de compuestos tóxicos como metales pesados, etc
- Reducción de nutrientes, es decir, nitrógeno y fósforo
- Eliminación de patógenos

Los tipos de tratamientos que se pueden dar en un tratamiento avanzado son los siguientes:

- La nitrificación-desnitrificación se utiliza cuando es necesario la eliminación de nitrógeno. El proceso que se lleva a cabo para la eliminación del nitrógeno es biológico y se suele realizar en el tratamiento secundario. Lo primero que hay que realizar es la nitrificación que se realiza en condiciones aerobias para transformar formar nitratos.



Posteriormente, tiene lugar la desnitrificación sin oxígeno y con presencia de materia orgánica. El proceso de nitrificación-desnitrificación se puede dar en reactores

diferentes o en un único reactor (carrusel) en el que se encontrarían zonas aerobias y anóxicas.

- La precipitación química se utiliza cuando se requiere disminuir la cantidad de fósforo. El fósforo se suele encontrar en detergentes, fertilizantes y en múltiples residuos. Hay dos tipos de procesos para su eliminación, precipitación química o proceso biológico: la precipitación química se realiza mediante la incorporación de sales (FeCl_3) para que los fosfatos precipiten con mayor facilidad y mediante procesos biológicos o fangos activos en el cual se fuerzan a los microorganismos a concentrar mayor cantidad de fósforo del que necesitan para ayudar a su crecimiento y posterior liberación. De esta forma se consigue reducir el fosforo entre un 70%-80%.
- La filtración en medio granular es necesaria cuando los sólidos en suspensión requeridos finalmente son menores de 10 mg/L. Para conseguir dicha concentración se utilizarán filtros bicapa con antracita y arena o filtros multicapa con antracita arena y granate.
- La adsorción con carbón activo es necesario para eliminar el sabor y el olor del agua. Además, es muy útil para la eliminación de colores por lo que en la industria a estudiar es conveniente debido a la gran cantidad de tintes y colorantes. El proceso que sigue como su propio nombre indica es el de la absorción, en el que se retienen las partículas en la superficie del sólido.
- El lavado con aire es necesario para la eliminación de amoníaco. Se puede realizar con aire y con un pH entre 10,8-11,5 o con cloro.
- La desinfección es necesaria cuando el agua va a ser vertida a zonas que requieren gran limpieza como áreas de baño, áreas de consumo...

1.5.2 LÍNEA DE FANGOS

La línea de fangos se encarga de reducir al máximo los desechos (fangos) que son generados por la línea de aguas (en los decantadores, tanto primario como secundario). Los fangos generados en el decantador primario tienen un olor desagradable, son inestables y se pudren con facilidad. Por otro lado, los fangos generados en el decantados secundario contienen partículas de menor tamaño y menor concentración en patógenos.

El objetivo de la línea de fangos es que los fangos se puedan reutilizar para abono o agricultura, eliminar en vertederos o mediante una incineración de los mismos o que se puedan convertir en combustible.

Para ello, los fangos deben pasar por una serie de elementos como son el espesamiento, la estabilización y finalmente la deshidratación o secado de los fangos.

1.5.2.1 *Espesamiento de los fangos*

El objetivo del espesamiento de fangos es conseguir un volumen considerablemente menor de los mismos, disminuyendo su concentración o eliminando parte del agua que contienen. De esta forma el manejo de los fangos es mucho más fácil y barato. En función de la providencia de los fangos, el espesamiento se realizará de una forma u otra.

Hay dos formas de realizar el espesamiento de los fangos:

- ✓ Espesamiento por gravedad: es utilizado para el fango que proviene del decantador primario ya que éstos son mucho más densos y pueden decantar simplemente por su propio peso.
- ✓ Espesamiento por flotación: es utilizado para el fango que proviene del decantados secundario ya que este es mucho más ligero y no puede decantar por gravedad. El procedimiento utilizado en el espesamiento por flotación es la incorporación de agua

a presión y saturada de oxígeno para provocar la formación de burbujas y de esta forma, que los flóculos floten. Posteriormente será necesario retirar los flóculos mediante rasquetas.

1.5.2.2 Estabilización de los fangos

El objetivo de la estabilización de fangos es disminuir la concentración de los lodos, eliminar bacterias, virus y contaminantes que se encuentren en los fangos que proceden del espesamiento. Es posible que este paso no sea necesario a la hora de diseñar la línea de fangos como en el caso de que se haya utilizado una aireación prolongada en el tratamiento secundario, pero no es el caso de esta depuradora para la industria textil.

Hay tres formas para realizar la estabilización de los fangos:

- ✓ Digestión aerobia es una deshidratación complicada. El principio utilizado es la aireación del fango mediante la aireación de este. Se obtiene un fango digerido, cierta cantidad de dióxido de carbono, agua y calor (que puede ser reutilizado). Para eliminar la mayor parte de la materia será necesario retener el fango la mayor parte del tiempo posible como se puede apreciar en la siguiente Figura 17.

t_R (días)	1	6	10	15
Reducción M.Volátil(%)	5	24	33	40

Figura 17 Relación entre el tiempo de retención y reducción de materia en la digestión aerobia. Fuente: [CLED20]

- ✓ Digestión anaerobia es más sencilla que la digestión aerobia. El proceso que sigue es un proceso biológico realizado por bacterias que transforman la materia orgánica en metano. Este proceso se produce en ausencia de oxígeno. La reacción que se da es la que se muestra en la Figura 18. El conjunto de metano y dióxido de carbono produce un biogás (Figura 19) que puede ser reutilizado. La instalación de este

digestor es más cara que el digestor aerobio y el tiempo necesario de retención también es mayor que el del aerobio.

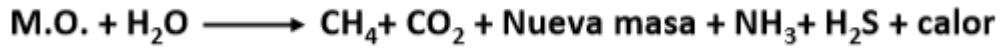


Figura 18 Reacción química en digestión anaerobia. Fuente: [CLED20]

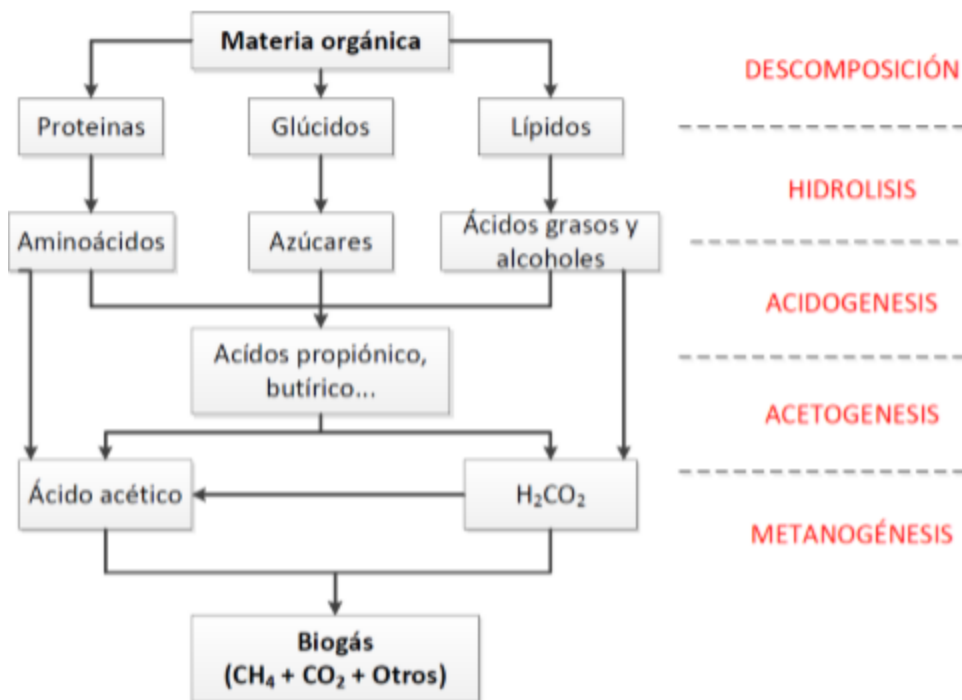


Figura 19 Fases presentes en la digestión anaerobia. Fuente: [CLED20]

- ✓ Estabilización química es utilizada cuando hay metales o cromo presentes en el fango. Para llevar a cabo esta estabilización se utiliza cloro, ácidos o cal.

1.5.2.3 Deshidratación de fangos

El objetivo de la deshidratación de fangos es eliminar la mayor cantidad de agua para que el fango sea más fácil de transportar y manejar ya que sería lo más sólido posible.

Hay varias formas de llevar a cabo la deshidratación de los fangos:

- ✓ Deshidratación natural se puede dar mediante eras de secado o mediante estanque de lodos. Este último es un proceso que necesita un tiempo de retención que no es viable para la EDAR. Por ello, se utilizan las eras de secado en el cual el tiempo de retención es aproximadamente de 15 días a pesar de que la mano de obra conlleva un coste elevado.
- ✓ Deshidratación térmica requiere de altas temperaturas, aproximadamente entre 350-600°C. El fango final es considerado un producto seco y libre de patógenos.
- ✓ Deshidratación mecánica
 - Filtración al vacío consume gran cantidad de energía y consiste en un cilindro que contiene fango en la parte exterior y succión en la parte interior
 - Filtros banda constan de 2 telas que atrapan el fango y lo comprimen. El fango comprimido es guiado por una serie de rodillos. Este procedimiento de deshidratación no es adecuado para fangos con mucha grasa.
 - Filtros prensa funcionan como un acordeón. Los lodos son sometidos a alta presión y se produce la torta de lodos. Por la parte inferior sale el escurrido. Este proceso requiere una gran inversión para su instalación y también es bastante costoso en cuanto a la mano de obra.
 - Tornillos compactadores hacen circular el fango a través de dicho tornillo, produciendo una filtración gracias a la forma del tornillo. Cuanto mayor sea el tornillo, mayor será la deshidratación final.
 - Centrifugación sigue el mismo procedimiento que el tornillo compactador, pero con más velocidad de rotación.

1.5.3 DISEÑO DEL PROCESO

En esta sección se explicarán las etapas necesarias de la EDAR para que el efluente cumpla con las restricciones anteriormente mencionadas. Se deben reducir los siguientes parámetros:

DBO, DQO, SS, N y P. Este apartado está dividido en dos partes principales, la línea de aguas y la línea de fangos.

1.5.3.1 Línea de aguas

A continuación, se muestran las etapas seleccionadas para el diseño de la EDAR en la línea de aguas, es decir, pretratamiento, tratamiento primario, secundario y avanzado.

1.5.3.1.1 Pretratamiento

Para el diseño del pretratamiento en la EDAR se han considerado los siguientes procesos:

- Desbaste y tamizado para la eliminación de partículas de mayor tamaño. Para ello será necesario el uso de unas rejillas de desbaste y de un tamiz rotativo.

Primeramente, el agua a tratar es conducido a unas rejillas de desbaste para eliminar parte de sólidos en suspensión. Las rejillas se pueden disponer de varias maneras para que, entre ellas, se retengan dichos sólidos. Las rejillas serán de acero inoxidable debido al paso continuo de agua a filtrar.



Figura 20 Rejas de desbaste. Fuente: [CLED20]

A continuación, el agua será llevada hacia un tamiz rotativo cuyo objetivo será la eliminación de sólidos en suspensión de menor tamaño. Como se puede apreciar en la Figura 21 el funcionamiento del tamiz rotativo es sencillo. El agua para filtrar es introducida en mediante unas tuberías en el tamiz. Después se pasa por el tamiz rotativo que realiza la tarea de filtrar partículas perjudiciales, y el agua libre de estas partículas cae hacia una zona de descarga. Finalmente, esta agua filtrada es dirigida hacia el siguiente proceso del pretratamiento, es decir, el desarenado.

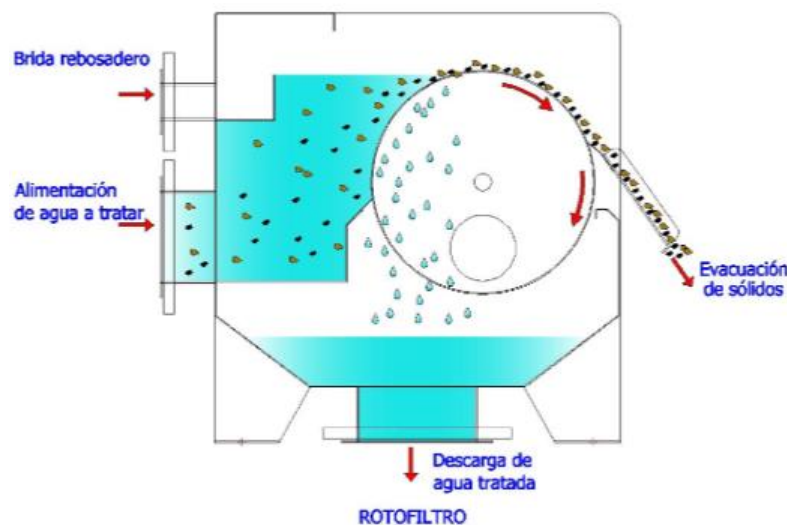


Figura 21 Tamiz rotativo. Fuente: [ECMA17]

- Desengrasado es totalmente necesario debido a las características de las aguas residuales de la industria textil. Gracias al desengrasado, se consigue eliminar grasas y aceites que acarrearían cantidad de problemas si no se eliminaran. Estas grasas o aceites provocarían una disminución en la eficacia de la EDAR ya que se pueden depositar en los aparatos o conductos formando una capa y entorpeciendo su buen funcionamiento. En este caso, se utilizará un desengrasador de tipo API.

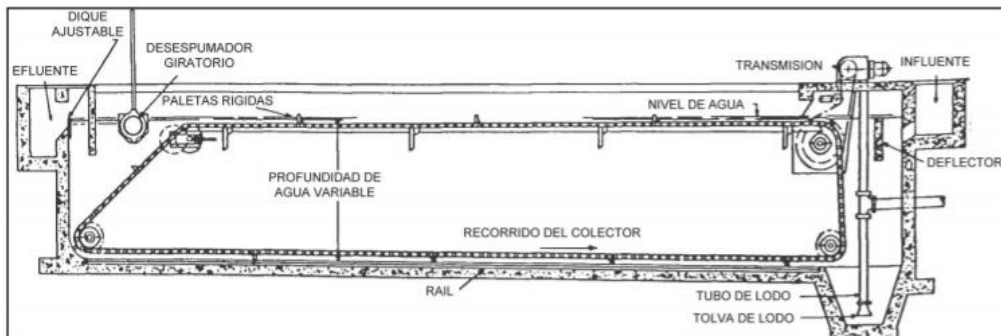


Figura 22 Separador tipo API. Fuente: [IPPC09]

- Balsa de homogeneización es necesaria en este caso debido a la gran variación de caudal. En este estudio, el caudal máximo es hasta cuatro veces el caudal medio por lo que es importante realizar una homogeneización del caudal, de su carga orgánica y del pH.

En la siguiente figura se muestra un resumen de los pretratamientos que han sido seleccionados. No se han considerado los siguientes:

- Pozo de gruesos ya no que el agua a tratar no presenta sólidos de gran tamaño.
- Desarenado no es necesario ya que hace una función similar a la ya realizada del desbaste y tamizado.

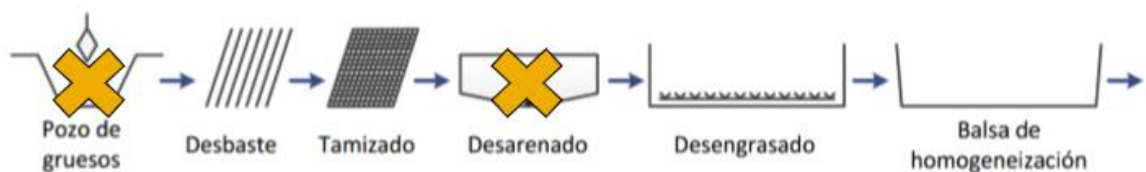


Figura 23 Resumen etapas del pretratamiento. Fuente: [CLED20]

1.5.3.1.2 Tratamiento primario

Después de pasar el agua residual por el pretratamiento, se dirige hacia el tratamiento primario.

Primeramente, se consideró un tratamiento primario mejorado químicamente pero después se dispuso simplemente un tratamiento primario sencillo (decantado primario Figura 24) ya que las características finales del efluente cumplían la normativa y de esta forma se reducían los costes.

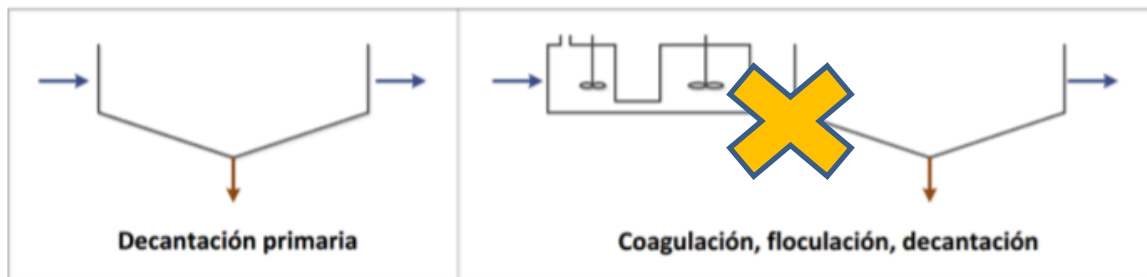


Figura 24 Resumen tratamiento primario. Fuente: [CLED20]

1.5.3.1.3 Tratamiento secundario

Después del tratamiento primario se dirigen las aguas hacia el tratamiento secundario. La elección del proceso que mejor se ajusta depende de la biodegradabilidad, es decir, la relación entre la DBO y la DQO.

En el caso de la industria textil a considerar se obtiene la siguiente relación:

$$\frac{DBO}{DQO} = \frac{349,04}{1035,62} = 0,34$$

Según lo explicado en el punto anterior, no sería necesario el uso de un tratamiento biológico de fangos activos ya que la relación de biodegradabilidad es menor que 0,4, pero como el agua residual contiene grandes cantidades de nitrógeno, se hace imprescindible su uso.

Finalmente, se realiza un tratamiento biológico de fangos activos (Figura 25) en el que se llevará a cabo un proceso de nitrificación-desnitrificación para la eliminación del nitrógeno. Por otra parte, el valor del fósforo es también muy elevado por lo que no se ha considerado la eliminación química de éste, añadiendo cloruro férrico como tratamiento avanzado. De esta forma, flocula el fósforo y es eliminado en el decantador secundario.

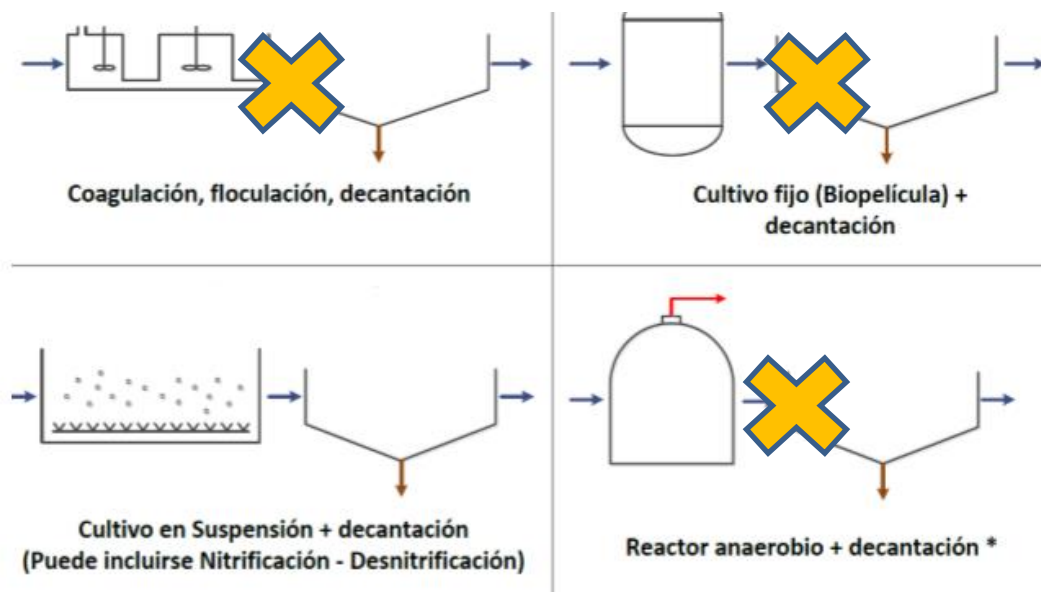


Figura 25 Resumen tratamiento secundario. Fuente: [CLED20]

1.5.3.1.4 Tratamiento avanzado

Como se ha comentado en el punto anterior, la cantidad de fósforo era muy elevada por lo que se han añadido productos químicos entre los fangos activos y el decantador secundario para eliminar la cantidad de fosforo en exceso. Además, también se ha integrado en el tratamiento secundario el proceso de nitrificación-desnitrificación para la eliminación del nitrógeno. Consecuentemente se cumple con la normativa.

1.5.3.2 Línea de fangos

A continuación, se muestran las etapas seleccionadas para el diseño de la EDAR en la línea de fangos, es decir, espesamiento, estabilización y deshidratación.

1.5.3.2.1 Espesamiento de los fangos

El objetivo de los fangos disminuir la cantidad de agua que proviene de los decantadores de las líneas de aguas para disminuir su volumen. De esta forma se consigue un manejo más sencillo y de menor coste de los residuos.

Se han necesitado dos tipos diferentes de espesamientos de fangos ya que las características de los fangos procedentes de los decantadores primarios y secundarios son diferentes. Para los procedente del decantador primario debido a su densidad, se necesita un espesamiento por gravedad. Mientras que para los procedentes del decantador secundario son más ligeros por lo que el espesamiento por gravedad no es funcional y se utiliza un espesamiento por flotación.

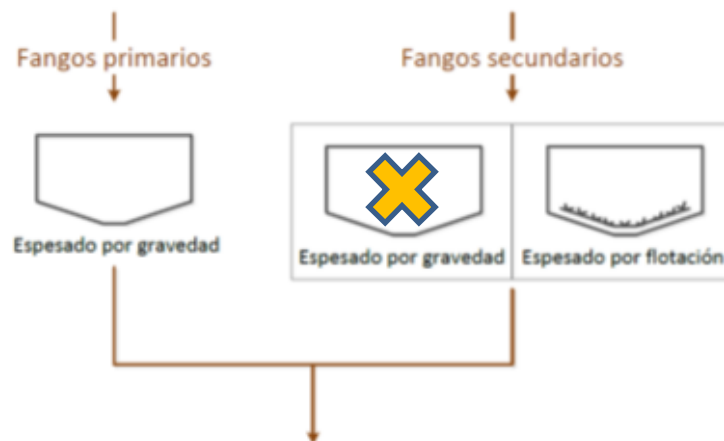


Figura 26 Resumen espesamiento de los fangos. Fuente: [CLED20]

1.5.3.2.2 Estabilización de los fangos

Después de que los fangos hayan espesado se le dirige al proceso de estabilización. Como se ha explicado anteriormente, hay varios procesos para realizar la estabilización de los fangos, estabilización aerobia, anaerobia y química. Para la elección del proceso mas adecuado depende de la contaminación de dichos fangos.

El mejor proceso para el caso de la industria textil sería la digestión aerobia ya que la contaminación es generalmente de origen orgánico. Además, la digestión aerobia presenta varias ventajas frente a digestión anaerobia: es más barata y su tiempo retención en el estabilizador es menor. Aunque, cabe mencionar que la deshidratación en la digestión aerobia es más compleja que en la anaerobia. La digestión anaerobia, en este caso no es necesaria ya que no se tienen concentraciones muy altas de DBO.

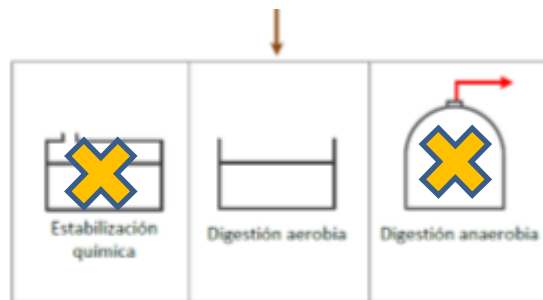


Figura 27 Resumen estabilización de los fangos. Fuente: [CLED20]

1.5.3.2.3 Deshidratación

Finalmente, como último paso de la línea de fangos, se realiza la deshidratación final. En la deshidratación se retira la cantidad suficiente de agua para que el fango sea completamente manejable. Como se explicó anteriormente, hay varias formas de deshidratación: natural, térmica y mecánica.

En este caso, se ha considerado la deshidratación mecánica de centrifugación ya que es un proceso muy eficaz, rápido, sin gran consumo de energía ni grandes costes de mantenimiento.

1.6 *BIBLIOGRAFÍA*

[DIREXX] Directiva 91/271/CEE. Sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Manual de interpretación y elaboración de informes pp. 8-9.

[CLED20] María del Mar Cledera Castro. Apuntes de Ingeniería y desarrollo sostenible, Tecnología Medioambiental, Contaminación agua. Universidad Pontificia de Comillas. I.C.A.I. Madrid 2020

[ECOD19] Greenpeace denuncia contaminación por vertidos de aguas residuales al mar en todas las provincias costeras. EcoDiario Sociedad. Madrid 2019

[ELPA19] La falta de depuración del agua le ha costado ya a España 22 millones. El País Sociedad. Madrid 2019

[ACCI18] La depuradora más grande de África, construida por acciona agua, supera el periodo de pruebas y entra en operación. Acciona 2018

[ODDSXX] Objetivos de Desarrollo Sostenible. Página web oficial.

[BIOFI12] Sistema de filtro percolador. BIO-FIL. Biología y filtración S.L 2012

[ECMA17] ECMA fabricaciones estructurales. Tamiz rotativo. México 2017

[IPPC09] Serie prevención y control integrados de la contaminación (IPPC). Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea Sistemas de Gestión y Tratamiento de Aguas y Gases Residuales en el Sector Químico. Documento BREF 2009.

[PERE12] Begoña Perea Mora. “Estudio de la tratabilidad de agua residual de industria textil a escala laboratorio”. Proyecto fin de grado. Universidad de Cantabria. Septiembre, 2012.

[GREE12] Puntadas tóxicas: El desfile de la contaminación. Cómo las fábricas textiles ocultan su rastro tóxico. Greenpeace Internacional noviembre 2012

[MACH17] Jaime Machés Rueda. “Diseño de una EDAR (Estación depuradora de aguas residuales) para la industria cervecera”. Proyecto de fin de grado, Universidad Pontificia de Comillas, ICAI. Mayo 2017.

[BLAN15] Carmen Blanes Morell. “Diseño de una EDAR (Estación depuradora de aguas residuales) para la industria de los lácteos”. Proyecto de fin de grado, Universidad Pontificia de Comillas, ICAI. Mayo 2015.

[TORR19] Álvaro de la Torre Aguilar. “Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) para la industria textil”. Proyecto de finde grado, Universidad Pontificia de Comillas, ICAI. Julio 2019.

[GUTI18] Jesús María Gutiérrez Serrano. “Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) para la industria conservera y de los transformados vegetales”. Proyecto de finde grado, Universidad Pontificia de Comillas, ICAI. Junio 2018.

Capítulo 2. CÁLCULOS

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se dimensionarán todas las etapas con los elementos principales que forman parte de la EDAR. Las etapas y procesos que a continuación se describen son los explicados en la sección 1.5.3 Diseño del proceso.

El programa utilizado para llevar a cabo todos los cálculos es el Excel. En cada uno de etapas a dimensionar se introducirán unos datos de partida y se calcularán las características para dimensionar dicha etapa. Estos resultados se obtienen siguiendo los pasos descritos en “*Proyectos de plantas de tratamiento de aguas. Aguas de proceso residuales y de refrigeración*” de Ricardo Isla de Juana [ISLA05].

Primeramente, se obtienen unos datos genéricos del afluente de la industria textil. Con ellos, se dimensionarán todas las etapas.

2.2 VALORES DE PARTIDA

Tras el estudio detallado de las características de la industria textil, se procede a la obtención de datos numéricos. Para ello, se ha considerado un tipo de material conocido en la industria textil, el tejido de algodón. Los datos obtenidos son los siguientes:

	Máximo	Mínimo	Diseño
DBO (mg O ₂ / l)	400	1000	700
DQO (mg O ₂ / l)	1500	3000	2250

SS (mg/l)	100	300	200
pH	8	13	11
N (mg/l)	40		
P (mg/l)	40		

Tabla 8 Carga contaminante del afluente de la industria textil Fuente: [LOPE15]

Por otro lado, para la obtención de los caudales de diseño y caudal máximo se ha escogido un estudio de la industria textil que se encarga de la manipulación de tejidos de algodón. Una vez averiguado el caudal medio o caudal de diseño, es necesario multiplicarlo por el factor de punta para averiguar el caudal máximo.

El factor de punta viene dado según la siguiente figura, de ella se concluye que el caudal de punta para este estudio es de 4.

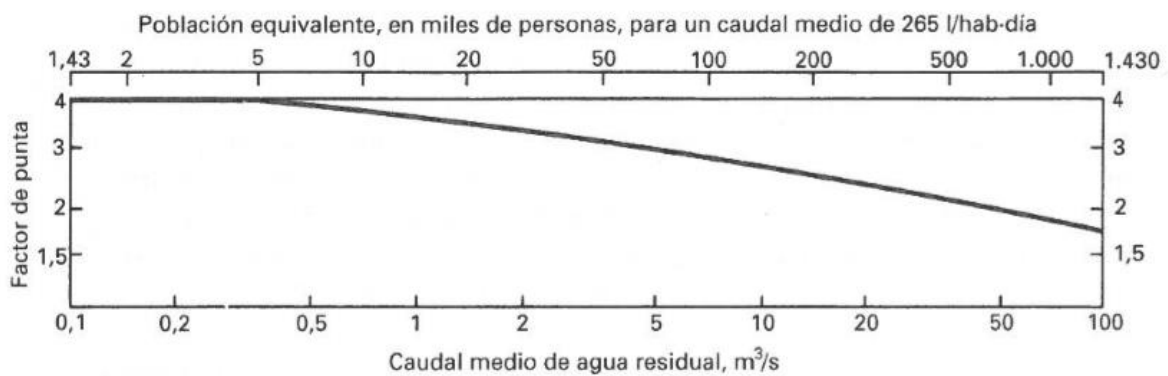


Figura 28 Cálculo del factor de punta

Q _{DISEÑO} (m ³ /h)	Q _{MAX} (m ³ /h)
146	584

Tabla 9 Caudales de la industria textil Fuente: [CRES87]

2.3 LÍNEA DE AGUAS

En esta sección se dimensionarán las etapas de la línea de aguas. La línea de aguas se divide en: pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento avanzado.

2.3.1 PRETRATAMIENTO

En los siguientes puntos se muestran las características de dimensionamiento de las etapas necesarias en el pretratamiento de la industria textil: desbaste, tamizado, desengrasado y balsa de homogeneización.

2.3.1.1 Desbaste

REJAS DE DESBASTE: PARAMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	146
Caudal máximo (m ³ /h)	584
Velocidad de paso entre barrotes a caudal de diseño con reja sucia (m/s)	0,9
Número de líneas de desbaste	1
Espesor de los barrotes (mm)	6
Distancia entre los barrotes (Luz)(mm)	10
Resguardo del canal (m)	0,3
Angulo de inclinación de los barrotes (grados)	60
Máxima colmatación entre dos limpiezas (%)	30
Relación profundidad útil/anchura del caudal	1

Tabla 10 Desbaste, parámetros de partida

RESULTADO DEL CÁLCULO	
Caudal de diseño por la línea (m ³ /h)	146
Caudal máximo por línea (m ³ /h)	584
Superficie útil del canal (m ²)	0,089
Velocidad de paso entre barrotes a caudal de diseño con reja limpia (m/s)	0,63
Velocidad de paso entre barrotes a caudal máximo con reja limpia (m/s)	2,52
Velocidad de paso entre barrotes a caudal máx. con reja colmatada (m/s)	3,60
Velocidad de aproximación por el canal a caudal de diseño (m/s)	0,45
Anchura del canal (m)	0,30
Profundidad útil del canal (m)	0,30
Profundidad total del canal (m)	0,60

Tabla 11 Desbaste, resultados

Las rejas serán de 0,3m x 0,3m ya que se ha escogido una relación de profundidad y anchura de 1. La distancia entre las rejas será de 10mm y su espesor será de 6mm ya que se trata de rejas de finos.

2.3.1.2 Tamizado

TAMIZ ROTATIVO: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	146
Número de líneas	1
Sólidos en suspensión en el agua a tratar (mg/l)	200
Eliminación de sólidos en suspensión (%)	10
Distancia entre barras (Luz del tamiz) (mm)	1,5
Diámetro del tambor filtrante (m)	0,75

Tabla 12 Tamizado, parámetros de partida

RESULTADO DEL CÁLCULO	
Caudal de diseño por la línea (m ³ /h)	146
Carga hidráulica a caudal máximo (m ³ /m ² de tambor.h)	168,40
Longitud del tambor filtrante (m)	0,368
Superficie del tambor filtrante (m ²)	0,87
Diámetro del tambor filtrante (m)	0,75
Potencia mínima del motor del tamiz (Kw)	0,55
Superficie en planta aproximada ocupada por un tamiz (m ²)	1,23
Peso aproximado del tamiz en vacío (Kg)	237,80
Peso aproximado del tamiz funcionando (Kg)	379,23
Caudal de agua de lavado total a 4 kg/cm ² (m ³ /h)	2,92
Potencia mínima de la bomba de lavado (Kw)	0,64
Producción de fangos en tamices (kg/d de sólidos)	70,08
Carga hidráulica a caudal de diseño (m ³ /m ² de tambor.h)	168,40

Tabla 13 Tamizado, resultados

El tamiz rotativo por utilizar tendrá una longitud de 0,368m y un diámetro de 0,75m.

La potencia mínima que necesita el motor del tamiz es de 550W y la potencia mínima que necesita la bomba para dar 2,92 m³/h es de 640W.

2.3.1.3 Desengrasado

SEPARADOR DE ACEITE TIPO API: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño(m ³ /h)	146
Número de líneas	1
Densidad del agua a la temperatura de diseño (kg/l)	1
Densidad del aceite a la temperatura de diseño (kg/l)	0,9
Viscosidad del agua a la temperatura de diseño (cp)	0,65
Relación profundidad anchura	0,5
Diámetro mínimo de las partículas a separar (cm)	0,015

Tabla 14 Desarenado, parámetros de partida

RESULTADO DEL CÁLCULO	
Caudal de diseño unitario (m ³ /h)	146
Velocidad ascensional del aceite (m/h)	6,783975
Velocidad transversal del agua (m/h)	54,8647
Factor de turbulencia y cortocuito	1,43772
Anchura del API (m)	2,306986
Profundidad útil del API (m)	1,153493
Longitud del API sin entradas y salidas (m)	13,41214

Tabla 15 Desarenado, resultados

Para realizar el desengrasado se utilizarán separadores de aceite tipo API. Los separadores serán de 2,3m x 1,15m x 13,41m ya que se ha escogido una relación entre la anchura y profundidad de 0,5m.

2.3.1.4 Balsa de homogeneización

REGULACIÓN DE CAUDAL: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de 0 a 1 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 1 a 2 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 2 a 3 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 3 a 4 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 4 a 5 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 5 a 6 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 6 a 7 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 7 a 8 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 8 a 9 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 9 a 10 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 10 a 11 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 11 a 12 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 12 a 13 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 13 a 14 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 14 a 15 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 15 a 16 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 16 a 17 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 17 a 18 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 18 a 19 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 19 a 20 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 20 a 21 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 21 a 22 horas (m ³ /h)	233,6
Caudal de 22 a 23 horas (m ³ /h)	0
Caudal de 23 a 24 horas (m ³ /h)	0
Volumen mínimo de fluido en balsa (m ³)	50
Número de unidades	1
Profundidad útil (m)	3
Relación longitud/anchura	2
Potencia específica de mezcla (vatios/m ³)	8
Aporte específico de aire para evitar septicidad (m ³ aire/h.m ³ balsa)	0,75

Tabla 16 Homogeneización, parámetros de partida

RESULTADO DEL CÁLCULO	
Caudal efluente coincidente con caudal medio (m ³ /h)	146,00
Volumen acumulado cuando Qentrada>Qmedio (m ³)	-146,00
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-292,00
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-438,00
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-584,00
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-730,00
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-876,00
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-1022,00
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-934,4
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-846,80
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-759,20
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-671,60
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-584
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-496,40
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-408,80
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-321,20
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-233,6
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-146,00
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	-58,40
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	29,20
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	116,8
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	204,40
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	292,00
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	146,00
Volumen acumulado en la hora siguiente (m ³)	0,0E+00
Volumen de balsa/s de regulación y homogeneización (m ³)	342,00
Potencia de mezcla de la/s balsa/s (CV)	3,72
Caudal total de aire necesario para evitar septicidad (m ³ /h)	256,5
Volumen unitario útil (m ³)	342
Longitud de cada balsa (m)	15,10
Anchura de cada balsa (m)	7,55

Tabla 17 Homogeneización, resultados

Suponiendo que esta industria no trabaja las 24 horas del día y que no hay diferencias en cuanto al caudal tratado por hora se obtiene que la balsa de homogeneización tendrá un volumen de 342m^3 , con una longitud de 15,10m y una anchura de 7,55m.

2.3.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

A continuación, se muestra las características iniciales de la decantación primaria.

DECANTADORES PRIMARIOS: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m^3/h)	146
Caudal máximo (m^3/h)	584
Velocidad ascensional a caudal de diseño ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$)	1,3
Tiempo medio de residencia a caudal de diseño (h)	2,5
Número de líneas	1
Distancia desde el vertedero a la pared interna de la cuba (m)	1

Tabla 18 Tratamiento primario, parámetros de partida decantador primario

RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Caudal de diseño por línea (m^3/h)	146
Caudal máximo por línea (m^3/h)	584
Superficie del decantador (m^2)	112,31
Diámetro interno (m)	11,96
Volumen cilíndrico útil (m^3)	365,00
Profundidad cilíndrica útil (m)	3,25
Velocidad ascensional a caudal máximo ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$)	5,20
Tiempo medio de residencia a caudal máximo (h)	0,63
Longitud de vertedero por decantador (m)	31,28
Carga máxima sobre vertedero ($\text{m}^3/\text{m}.\text{h}$)	18,67

Tabla 19 Tratamiento primario, resultados decantador primario

Finalmente se obtiene que será necesario un decantador primario con un diámetro de 11,96m y una profundidad de 3,25m.

2.3.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario es el más importante para el diseño de una EDAR. En esta industria se ha utilizado el tratamiento biológico de fangos activos para la eliminación del nitrógeno. Además, se añadirá cloruro férrico para eliminar el fósforo en exceso.

2.3.3.1.1 Reactor biológico aerobio

DIMENSIONAMIENTO DE LA Balsa: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	146
Caudal máximo (m ³ /h)	584
Número de líneas	1
Concentración de SS en la salida del biológico (mg/l)	13,61
Concentración de DBO en la salida del biológico (mg/l)	24,43
Concentración de SS en a entrada del biológico (mg/l)	39
Concentración de DBO en la entrada del biológico (mg/l)	349,04
Sólidos en suspensión en balsa (MLSS) (mg/l)	3000
Relación alimento/microorganismos	0,3
Profundidad útil (m)	5
Relación longitud/anchura de la balsa	3
Concentración de SS en la recirculación (mg/l)	8000

Tabla 20 Tratamiento secundario, parámetros de partida balsa, reactor biológico

RESULTADO DEL CÁLCULO	
Rendimiento esperado de SS (%)	65,10256
Rendimiento esperado de DBO (%)	93
Kilos de DBO alimentados por día al biológico	1223,04
Kilos de MLSS en balsa de lodos activos	4076,79
Volumen total útil de balsa/s de lodos activos (m ³)	1358,929
Volumen unitario de cada balsa (m ³)	1358,929
Superficie unitaria de cada balsa (m ²)	271,7858
Anchura de cada balsa (m)	9,52
Longitud de cada balsa (m)	28,55
Tiempo de retención hidráulico a caudal de diseño (h)	9,307733
Carga volumétrica a caudal de diseño (kg de DBO/m ³ .d)	0,90
Caudal teórica de recirculación (m ³ /h)	87,60
Caudal de recirculación recomendado (m ³ /h)	146
Producción de fangos en exceso (kg/d de SS a purgar)	757,09
Caudal de fangos en exceso a purgar de la recirculación (m ³ /h)	3,94
Caudal de fangos en exceso a purgar del licor mixto (m ³ /h)	10,52
Edad del fango (Tiempo de residencia celular) (días)	5,07
Fangos en exceso (g SST/ g.DBO5 eliminada)	0,665617

Tabla 21 Tratamiento secundario, resultados balsa, reactor biológico

Se obtiene que las características del reactor biológico son las siguientes: la anchura será de 9,52m y la longitud será de 28,55m. Para la eliminación del 65% de los sólidos en suspensión se necesitará un tiempo de retención de aproximadamente 9h.

En esta fase, se producen fangos que será necesario purgar en la línea de fangos, en total habrá 757,09 kg/d. También se ha calculado la cantidad de sólidos en suspensión del licor mixto obteniendo un valor de 4076,79kg.

Por otro lado, los fangos en exceso que requieren purga en la línea de fangos son de 3,94m³/h y el que hay que purgar del licor mixto será de 10,52 m³/h.

Por último, es importante mencionar que, para realizar el proceso de nitrificación, el reactor debe trabajar en la zona de baja carga de la curva Imhoff como se aprecia en la Figura 29.

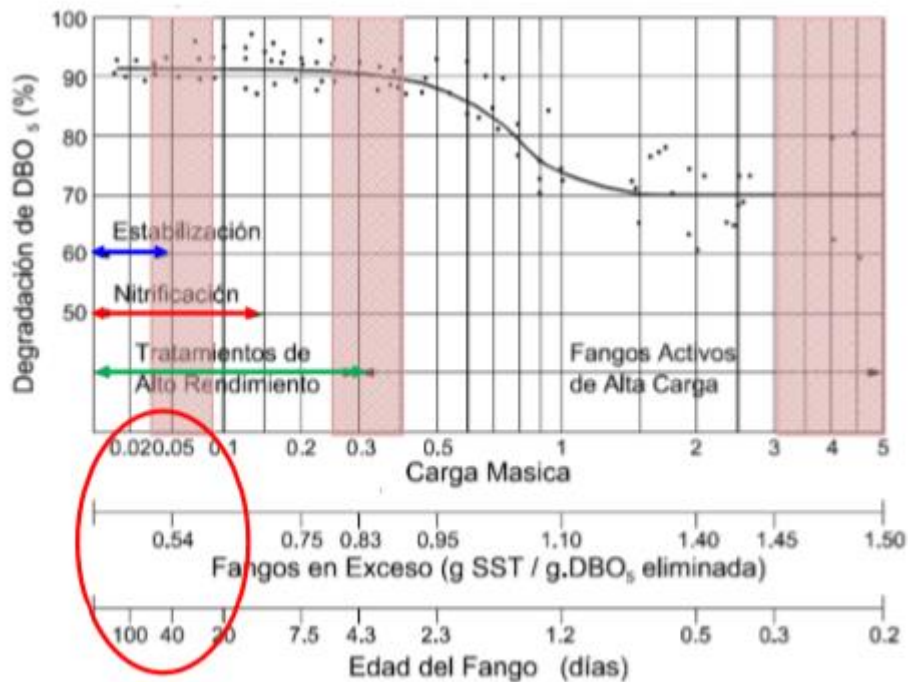


Figura 29 Curva Imhoff. Fuente: [CLED20]

2.3.3.1.2 Necesidades de oxígeno para la nitrificación

NECESIDADES DE OXIGENO PARA LA NITRIFICACIÓN	
Coefficiente de síntesis celular	0,0015255
Coefficiente de respiración celular	0,44711
Coefficiente de puntas de caudal y contaminación	1,25
Concentración de saturación de O ₂ a la temperatura del licor mixto (mg/l)	8
Coefficiente impurezas	0,95
Coefficiente de temperatura	1,025
Presión atmosférica a la altitud de la depuradora (mm de Hg)	720
Coefficiente de intercambio entre licor mixto y agua pura (turbinas)	0,9
Coefficiente de intercambio entre licor mixto y agua pura (difusores)	0,6

Tabla 22 Tratamiento secundario, parámetros de partida necesidad de oxígeno para nitrificación

RESULTADO DE CÁLCULO	
Oxígeno teórico requerido para síntesis celular (kg/h)	0,00
Oxígeno teórico requerido para respiración celular (kg/h)	99,32
Oxígeno teórico requerido para nitrificación (kg/h)	12,01
Oxígeno teórico medio requerido (kg/h)	2671,98
Oxígeno teórico requerido en condiciones punta (kg/h)	114,34
Oxígeno real requerido en condiciones medias de operación (kg/d) (turbinas)	4932,82
Oxígeno real requerido en condiciones punta de operación (kg/h) (turbinas)	211,08
Oxígeno real requerido en condiciones medias de operación (kg/d) (difusores)	7399,22
Oxígeno real requerido en condiciones punta de operación (kg/h) (difusores)	316,62

Tabla 23 Tratamiento secundario, resultados necesidad de oxígeno para nitrificación

2.3.3.1.3 Equipos de aireación para la nitrificación

EQUIPOS DE AIREACIÓN	
Capacidad específica de oxigenación de las turbinas (kgO ₂ /Kwh)	1,9
Rendimiento del moto-reductor de la turbina (%)	85
Rendimiento del moto-reductor de la soplante (%)	85
Número total de turbinas	8
Coefficiente de transferencia para difusores	0,3

Tabla 24 Tratamiento secundario, parámetros de partida equipos de aireación para nitrificación

RESULTADO DEL CÁLCULO	
Potencia total requerida de las turbinas (CV)	177,58
Potencia unitaria mínima requerida por turbina (CV)	22,20
Potencia mínima de agitación necesaria (W/m ³) (turbinas)	16,96
Potencia de agitación instalada (W/m ³) (turbinas)	73,55
Caudal punta de aire con difusores (Nm ³ /h)	3659,77
Potencia total requerida por las soplantes (CV)	1349,98

Tabla 25 Tratamiento secundario, resultados equipos de aireación para nitrificación

Se requerirá un total de 8 turbinas para la aireación con una potencia total requerida de 177,58 CV.

2.3.3.1.4 Balsa anóxica previa

BALSA ANOXICA PREVIA: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	146
Número de líneas	2
Concentración de NO ₃ -N en salida de balsa anóxica previa (mg/l)	6
Concentración de SS en la entrada del biológico con el agua a tratar (mg/l)	39
Porcentaje de recirculación del licor mixto (%)	400
Profundidad útil (m)	6
Relación longitud/anchura de la balsa	2
Coefficiente de producción máxima de bacterias (kg MLVSS/kg NO ₃ -N)	0,8
Coefficiente de descomposición celular (kg/kd.d)	0,04
Concentración de NO ₃ -N en entrada al biológico con el agua a tratar (mg/l)	40

Tabla 26 Tratamiento secundario, parámetros de partida, balsa anóxica previa

RESULTADO DEL CÁLCULO	
Kilos de NO ₃ -N alimentados por día a balsa anóxica previa	602,33
Concentración de NO ₃ -N en entrada de balsa anóxica previa (mg/l)	171,90
Coefficiente de producción de pseudomonas etc. (kg/kg.d)	0,04
Tiempo de residencia celular mínimo (edad del fango) (d)	25,51
Tiempo de residencia celular diseño (edad del fango) (d)	51,03
Relación alimento/microorganismos (kg DBO/d)/kg MLVSS	0,07
Volumen total útil de balsa/s anóxicas previas (m ³)	3251,31
Volumen unitario útil por balsa (m ³)	1625,65
Superficie unitaria de cada balsa (m ²)	270,94
Anchura de cada balsa (m)	11,64
Longitud de cada balsa (m)	23,28
Tiempo de retención hidráulico a caudal de diseño (h)	22,27
Carga volumétrica a caudal de diseño (kg de NO ₃ -N/m ³ .d)	0,1853
Kilos de MLSS en balsas anóxicas previas	9753,92
Relación alimento/microorganismos (kg NO ₃ -N/d)/kg MLSS	0,06
Rendimiento de eliminación de NO ₃ -N en balsa anóxica previa (%)	96,49

Tabla 27 Tratamiento secundario, resultados, balsa anóxica previa

La balsa anóxica previa tendrá una longitud de 23,28m, una anchura de 11,64m y una profundidad de 6m

2.3.3.1.5 Balsa anóxica posterior

BALSA ANOXICA POSTERIOR: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	146
Número de líneas	1
Concentración de NO ₃ -N en salida de balsa anóxica posterior (mg/l)	0,2
Profundidad útil (m)	4
Relación longitud/anchura de la balsa	1,5
Coefficiente de producción máxima de bacterias (kg MLVSS/kg NO ₃ -N)	0,8
Coefficiente de descomposición celular (kg/kg.d)	0,04

Tabla 28 Tratamiento secundario, parámetros de partida, balsa anóxica posterior

RESULTADO DEL CÁLCULO	
Kilos de NO ₃ -N alimentados por día a balsa anóxica posterior	123,61
Concentración de NO ₃ -N en entrada de balsa anóxica posterior (mg/l)	35,28
Coefficiente de producción de pseudomonas etc. (kg/kg.d)	0,005
Tiempo de residencia celular mínimo (edad del fango) (d)	214,62
Tiempo de residencia celular diseño (edad del fango) (d)	429,24
Relación alimento/microorganismos (kg DBO/d)/kg MLVSS)	0,053
Volumen total útil de balsa/s anóxicas posteriores (m ³)	967,85
Volumen unitario útil por balsa (m ³)	967,85
Superficie unitaria de cada balsa (m ²)	241,96
Anchura de cada balsa (m)	12,70
Longitud de cada balsa (m)	19,05
Tiempo de retención hidráulico a caudal de diseño (h)	6,63
Carga volumétrica a caudal de diseño (kg de NO ₃ -N/m ³ .d)	0,128
Kilos de MLSS en balsas anóxicas posteriores	2903,56
Relación alimento/microorganismos (kg NO ₃ -N/d)/kg MLSS)	0,043
Rendimiento de eliminación de NO ₃ -N en balsa anóxica posterior (%)	99,42

Tabla 29 Tratamiento secundario, resultados, balsa anóxica posterior

La balsa anóxica posterior tendrá una anchura de 12,70m, una longitud de 19,05m y una profundidad de 4m.

2.3.3.1.6 Balsa de reaireacion final

BALSA DE REAIREACIÓN FINAL: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	146
Número de líneas	1
Tiempo de retención hidráulico a caudal de diseño (h)	0,5
Profundidad útil (m)	4
Relación longitud/anchura de la balsa	1,5

Tabla 30 Tratamiento secundario, parámetros de partida, balsa de re-aireación final

RESULTADO DE CALCULO	
Volumen total útil de balsa/s de reaireación final (m ³)	73
Volumen unitario útil por balsa (m ³)	73
Superficie unitaria de cada balsa (m ²)	18,25
Anchura de cada balsa (m)	3,49
Longitud de cada balsa (m)	5,23
Kilos de MLSS en balsas de reaireación final	219,00

Tabla 31 Tratamiento secundario, resultados, balsa de re-aireación final

La balsa de re-aireación final tendrá una anchura de 3,49m, una longitud de 5,23m y una profundidad de 4m.

2.3.3.1.7 Necesidad de oxígeno y equipos de reaireacion

NECESIDADES DE OXIGENO Y EQUIPOS DE REAIREACIÓN	
Coeficiente de seguridad	2
Número total de turbinas	2
Coeficiente de transferencia para difusores	0,3

Tabla 32 Tratamiento secundario, parámetros de partida, necesidad de oxígeno y equipos de re-aireación

RESULTADO DE CALCULO	
Oxígeno teórico requerido	8,160
Oxígeno real requerido (kg/h) (turbinas)	15,064
Oxígeno real requerido (kg/h) (difusores)	22,596
Potencia total requerida de las turbinas (CV)	12,673
Potencia unitaria mínima requerida por turbinas (CV)	6,337
Potencia mínima de agitación necesaria (W/m ³) (turbinas)	16,96
Potencia de agitación instalada (W/m ³) (turbinas)	127,77
Caudal de aire con difusores (Nm ³ /h)	261,186

Tabla 33 Tratamiento secundario, resultados, necesidad de oxígeno y equipos de re-aireación

2.3.3.1.8 Resumen y balance de alcalinidad

En la siguiente Tabla 34 se muestra un resumen del volumen de todas las balsas necesarias para realizar el tratamiento secundario.

RESUMEN Y BALANCE DE ALCALINIDAD	
Volumen total útil de balsa/s de nitrificación (m3)	1358,93
Volumen total útil de balsa/s de anóxicas previas (m3)	3251,31
Volumen total útil de balsa/s anóxicas posteriores (m3)	967,85
Volumen total útil de balsa/s de reaireación final (m3)	73
Volumen total de todas las balsas (m3)	5651,09
Tiempo de retención hidráulico global de diseño (h)	130,95
Kilos de MLSS en todas las balsas	18207,79
Potencia total requerida de las turbinas (CV)	190,25
Caudal punta total de aire con difusores (Nm3/h)	3920,96
Concentración de TKN en la salida del biológico (mg/l)	1
Concentración de NO ₃ -N en la salida del biológico (mg/l)	0,2
Nitrógeno total en el efluente (mg/l)	1,2
Rendimiento global de eliminación de N (%)	100

Tabla 34 Tratamiento secundario, resumen y balance de alcalinidad

2.3.3.1.9 Dosificación de cloruro férrico

PARÁMETROS DE PARTIDA: DOSIFICACIÓN DE Cl₃Fe	
Caudal de diseño (m3/h)	146
Caudal máximo (m3/h)	584,0
Dosis de coagulante (mg/l)	20
Concentración del reactivo comercial (kg/ton)	400
Densidad del reactivo comercial (kg/l)	1
Autonomía de almacenamiento (días)	15
Concentración de dosificación (kg/ton) (Reactivo diluido)	50
Horas de dosificación al día	15

Tabla 35 Tratamiento secundario/avanzado, parámetros de partida, dosificación de Cl₃Fe

RESULTADOS DE CÁLCULO: DOSIFICACIÓN DE Cl₃Fe	
Consumo de reactivo puro a caudal de diseño (kg/h)	2,92
Consumo de reactivo comercial a caudal de diseño (kg/h)	7,30
Consumo de reactivo comercial a caudal de diseño (l/h)	5,10
Consumo de reactivo diluido a caudal de diseño (kg/h)	58,40
Consumo aprox. de reactivo diluido a caudal de diseño (l/h)	56,20
Densidad aproximada del reactivo diluido (kg/h)	1,04
Consumo de reactivo puro a caudal máximo (kg/h)	11,68
Consumo de reactivo comercial a caudal máximo (kg/h)	29,20
Consumo de reactivo comercial a caudal máximo (l/h)	20,42
Consumo de reactivo diluido a caudal máximo (kg/h)	233,60
Consumo aprox. de reactivo diluido a caudal máximo (l/h)	224,82
Cantidad a almacenar de reactivo comercial (ton)	1,64

Tabla 36 Tratamiento secundario/avanzado, resultados dosificación de Cl₃Fe

Para la eliminación del fósforo en exceso, se dosificarán 20 mg/l de cloruro férrico, generándose un consumo de 58,40 kg/h.

2.3.3.1.10 Arquetas para el proceso de coagulación y floculación

PARÁMETROS DE PARTIDA: ARQUETAS	
Caudal de diseño (m ³ /h)	146
Caudal máximo (m ³ /h)	584,0
Número de unidades	1,00
Tiempo de retención en arqueta de coagulación a caudal de diseño (min)	2,00
Profundidad útil de arqueta de coagulación (m)	2
Relación longitud/anchura de arqueta de coagulación	1
Tiempo de retención en arqueta de floculación a caudal de diseño (min)	20
Profundidad útil de arqueta de floculación (m)	4,00
Relación longitud/anchura de arqueta de floculación	1,00

Tabla 37 Tratamiento secundario/avanzado, parámetros de partida, arquetas

RESULTADOS DE CÁLCULO: ARQUETAS	
Caudal de diseño unitario (m ³ /h)	146
Caudal máximo unitario (m ³ /h)	584
Volumen útil de arqueta de coagulación (m ³)	4,87
Longitud de arqueta de coagulación (m)	1,56
Anchura de arqueta de coagulación (m)	1,56
Volumen útil de arqueta de floculación (m ³)	48,67
Longitud de arqueta de floculación (m)	3,49
Anchura de arqueta de floculación (m)	3,49
Tiempo de retención en arqueta de coagulación a caudal máximo (min)	0,50
Tiempo de retención en arqueta de floculación a caudal máximo (min)	5,00

Tabla 38 Tratamiento secundario/avanzado, resultado arquetas

La arqueta para la coagulación tendrá 1,56 m de longitud y de anchura. La arqueta necesaria para la floculación tendrá 3,49m de longitud y anchura.

2.3.3.1.11 Decantador secundario

DECANTADOR SECUNDARIO: PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	146
Caudal máximo (m ³ /h)	584
Velocidad ascensional a caudal de diseño (m ³ /m ² .h)	0,8
Tiempo medio de residencia a caudal de diseño (h)	5
Número de líneas	1
Distancia desde el vertedero a la pared interna de la cuba (m)	1

Tabla 39 Tratamiento secundario, decantador secundario

RESULTADO DE CÁLCULO	
Caudal de diseño por línea (m ³ /h)	146
Caudal máximo por línea (m ³ /h)	584
Superficie del decantador (m ²)	182,50
Diámetro interno (m)	15,24
Volumen cilíndrico útil unitario (m ³)	730
Profundidad cilíndrica útil (m)	4,00
Velocidad ascensional a caudal máximo (m ³ /m ² .h)	3,20
Tiempo medio de residencia a caudal máximo (h)	1,25
Longitud de vertedero por decantador (m)	41,61
Carga máximo sobre vertedero (m ³ /m.h)	14,04

Tabla 40 Tratamiento secundario, resultados decantador secundario

Finalmente, el decantador secundario tendrá una superficie de 182,50m², un diámetro interior de 15,24m y una profundidad de 4m.

2.4 LÍNEAS DE FANGOS

En esta sección se dimensionarán las etapas de la línea de fangos. La línea de fangos se divide en: espesamiento, estabilización y digestión.

2.4.1 ESPESAMIENTO

El espesamiento depende del tipo de fango a espesar. Este puede ser por gravedad y por flotación.

2.4.1.1 Espesamiento por gravedad

El espesamiento por gravedad como se ha explicado anteriormente es utilizado para gestionar los fangos procedentes del decantador primario.

Primero, se estudian los fangos que provienen del decantador primario. Los fangos primarios dependen del porcentaje de reducción y concentraciones iniciales de los sólidos en suspensión y de la DBO,

PRODUCCIÓN DE FANGOS PRIMARIOS	
Eliminación de sólidos en suspensión SS (%)	70
Eliminación de DBO (%)	35
Concentración de sólidos en suspensión en la entrada de decantación (mg/l)	129,6
Concentración de DBO en la entrada de decantación (mg/l)	536,99
Concentración del fango decantado (kg/m ³)	30

Tabla 41 Parámetros de partida, producción fangos primarios

RESULTADOS DEL CÁLCULO	
Producción de fangos primarios (kg/d de sólidos)	317,8829
Producción media de fangos primarios (kg/h de sólidos)	13,25
Caudal medio de fangos primarios (m ³ /h)	0,44
Concentración de sólidos en suspensión en salida de decantación (mg/l)	38,88
Concentración de DBO en la salida de decantación (mg/l)	349,0435

Tabla 42 Resultados, producción fangos primarios

Se obtiene una producción de 317,88 kg/d de fangos primarios. Este dato será necesario a la hora de calcular las características del espesamiento por gravedad como se aprecia en la siguiente tabla.

ESPESAMIENTO POR GRAVEDAD	
Carga de sólidos (kg/m ² .d)	55
Tiempo de residencia hidráulico (h)	24
Número de unidades	1
Concentración de salida de fangos espesados (kg/m ³)	30,00
Sólidos contenidos en los fangos del decantador primario (kg/d)	317,8829
Sólidos contenidos en los fangos del decantador secundario (kg/d)	0
Concentración de los fangos primarios (kg/m ³)	15
Concentración de los fangos secundarios (mg/l)	0

Tabla 43 Parámetros de partida, espesamiento por gravedad

RESULTADO DEL CÁLCULO	
Caudal de fangos primarios (m ³ /h)	0,88
Caudal de fangos secundarios (m ³ /h)	0
Sólidos contenidos en fangos primarios + secundarios (mixtos) (kg/d)	317,8829
Caudal de fangos primarios + secundarios (mixtos) (m ³ /h)	0,25
Concentración de los fangos mixtos (kg/m ³)	0
Superficie unitaria del espesador (m ²)	5,78
Diámetro interno (m)	2,71
Volumen cilíndrico útil unitario (m ³)	6
Profundidad cilíndrica útil (m)	1,04
Caudal salida de fangos (m ³ /h)	0,44
Velocidad ascensional (m ³ /m ² .h)	0,04

Tabla 44 Resultados, espesamiento por gravedad

Finalmente, la superficie del espesador por gravedad será de 5,78m² con una profundidad de 1,04m y un diámetro interno de 2,71m.

2.4.1.2 Espesamiento por flotación

El espesamiento por flotación va a ser el utilizado para gestionar los fangos procedentes del decantador secundario.

ESPESAMIENTO POR FLOTACIÓN	
Carga de sólidos (kg/m ² .h)	3
Tiempo de residencia hidráulico (h)	6
Número de unidades	1
Concentración de salida de los fangos espesados (kg/m ³)	30,00
Sólidos contenidos en los fangos biológicos (kg/d)	757,09
Concentración de los fangos biológicos (mg/l)	2181,564

Tabla 45 Parámetros de partida, espesamiento por flotación

RESULTADO DE CÁLCULO	
Caudal de fangos biológicos (m ³ /h)	14
Superficie unitaria del espesador (m ²)	10,52
Diámetro interno (m)	3,66
Volumen cilíndrico útil unitario (m ³)	86,76
Profundidad cilíndrica útil	8,25
Caudal de salida de fangos (m ³ /h)	1,05
Velocidad ascensional sin recirculación (m ³ /m ² .h)	1
Necesidades de aire para presurización (m ³ /h)	1,57
Caudal de recirculación mínimo (m ³ /h)	7,89

Tabla 46 Resultados, espesamiento por flotación

Una vez estudiadas las características del fango procedente del decantador secundario se estudian las dimensiones del espesador por flotación. Obteniendo una superficie de 10,52 m² con una profundidad de 8,25m y un diámetro interno de 3,66m

2.4.2 ESTABILIZACIÓN

2.4.2.1 Digestor aerobio

DIMENSIONAMIENTO DEL DIGESTOR	
Tiempo de retención hidráulica (d)	12
Profundidad útil del digestor (m)	3
Número de unidades	1
Relación longitud/anchura del digestor	1
Sólidos volátiles contenidos en el fango sin digerir (%)	40
Reducción de volátiles esperada en el fango digerido (%)	45
Sólidos contenidos en los fangos a digerir (kg/d)	4076,9
Concentración de los fangos a digerir (kg/m ³)	30
Incremento concentración del fango en digestor por purga de sobrenadantes (kg/m ³)	5

Tabla 47 Parámetros de partida, digestor aerobio

RESULTADOS DE CÁLCULO	
Caudal de fangos a digerir (m ³ /h)	5,6623
Sólidos contenidos en los fangos digeridos (kg/d)	3343
Concentración de fango alcanzada en el digestor (kg/m ³)	29,6
Caudal de fangos digeridos (m ³ /h)	4,7059
Volumen total útil de digestión (m ³)	1630,8
Volumen unitario (m ³)	1630,8
Longitud unitaria (m)	23,315
Anchura unitaria (m)	23,315
Tiempo de retención de sólidos (d)	14,439

Tabla 48 Resultados, digestor aerobio

El digestor aerobio tiene un volumen total de 1630,8 m³ con una longitud y una anchura de 23,32 m.

2.4.2.2 Necesidad de oxígeno

NECESIDADES DE OXÍGENO	
Temperatura del digestor (°C)	20
Necesidades de oxígeno (kg de oxígeno/ kg sólido volátil eliminado)	2
Concentración de saturación de oxígeno a la temperatura del fango (mg/l)	9,17
Coeficiente de impurezas	0,95
Concentración de oxígeno a mantener en el fango (mg/l)	2
Coeficiente de temperatura	1,025
Presión atmosférica a la altitud de la depuradora (mm de Hg)	720
Coeficiente de intercambio entre fango y agua pura (turbinas)	0,9
Coeficiente de intercambio entre fango y agua pura (difusores)	0,6

Tabla 49 Parámetros de partida, necesidad de oxígeno

RESULTADOS DE CÁLCULO	
Oxígeno teórico requerido (kg/d)	1467,7
Oxígeno real requerido en condiciones de operación (kg/d) (turbinas)	99,646
Oxígeno real requerido en condiciones de operación (kg/d) (difusores)	149,47

Tabla 50 Resultados, necesidad de oxígeno

2.4.3 DESHIDRATACIÓN

PARÁMETROS DE PARTIDA	
Caudal de fango a secar (m ³ /d)	112,94
Días funcionamiento por semana	7
Horas funcionamiento por día	15
Número centrifugas	1
Concentración de sólidos en el fango alimentado (kg/m ³)	25
Concentración de sólidos en el fango seco(kg/m ³)	200
Densidad sólidos contenidos en el fango (kg/l)	1,5
Capacidad específica de la centrifuga	60
Relación longitud/diámetro del rotor	3
Dosis de polielectrolito (kg/Ton materia seca)	5

Tabla 51 Parámetros de partida, deshidratación

RESULTADOS DE CÁLCULO	
Caudal de fango a filtrar (m ³ /h)	7,5294
Caudal fangos alimentado por centrífuga (m ³ /h)	7,5294
Sólidos alimentados por centrífuga (kg/h)	188,23
Caudal másico de fangos alimentado por centrífuga (Ton/h)	7,5921
Densidad del fango alimentado a la centrífuga [kg/l]	1,0083
Densidad del fango deshidratado [kg/l]	1,0667
Volumen del fango deshidratado por hora laborable [m ³ /h]	0,9412
Volumen del fango deshidratado semanal [m ³ /semana]	98,823
Diámetro del rotor [m]	0,3372
Longitud del rotor [m]	1,0115
Potencia unitaria aproximada del motor [CV]	11,765
Consumo del polielectrolito por centrífuga [kg/h laborable]	0,9412
Consumo del polielectrolito por centrífuga [kg/h semana]	98,823

Tabla 52 Resultados, deshidratación

El rotor necesario para la deshidratación centrifuga tendrá un diámetro de 0,33m y una longitud de 1,01m. La potencia mínima del motor deberá ser de 11,7 CV.

2.5 CONTAMINANTES

En las siguientes tablas se muestra el porcentaje de reducción en cada uno de los procesos seleccionados para el pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario. También se muestran los valores iniciales y finales de los procesos mencionados anteriormente. Los valores de reducción han sido seleccionados según tablas de porcentajes de reducción según diferentes autores [CLED20]

	Valores iniciales (mg/l)	Desbaste (%)	Tamizado (%)	Desengrasado (%)	Valores finales (mg/l)

DBO	700	5	5	15	536,99
DQO	2250	5	5	15	1726,03
SS	200	10	10	20	129,6
N	40	-	-	-	40
P	40	-	-	-	40

Tabla 53 Porcentaje de reducción total y valores finales en el pretratamiento

	Valores iniciales (mg/l)	Decantador primario (%)	Valores a la salida (mg/l)
DBO	536,99	35	349,04
DQO	1726,03	40	1035,62
SS	129,6	70	39
N	40	-	40
P	40	-	40

Tabla 54 Porcentaje de reducción total y valores finales en el tratamiento primario

	Valores iniciales (mg/l)	Tratamiento biológico Aerobio (%)	Nitrificación- Desnitrificación (%)	CFD (%)	Valores finales (mg/l)
DBO	349,04	93	-	60	9,77
DQO	1035,62	93	-	70	21,75
SS	39	65	-	95	0,68
N	40	-	85	-	6
P	40	-	-	97	1,20

Tabla 55 Porcentaje de reducción total y valores finales en el tratamiento secundario

Cabe destacar que los valores finales tras el tratamiento secundario cumplen con la normativa.

2.6 **BIBLIOGRAFÍA**

[LOPE15] Víctor López Grimau y Martín Crespi Rosell. Gestión de los efluentes de la industria textil, Instituto de Investigación Textil y Cooperación Industrial de la Universidad Politécnica de Cataluña septiembre de 2015

[CRES87] M. Crespi y J. A. Huertas. Industria Textil: ¿Depuración Biológica o Físicoquímica? BOL. INTEXTAR. 1987, Nº 92

[TORR19] Álvaro de la Torre Aguilar. “Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) para la industria textil”. Proyecto de fin de grado, Universidad Pontificia de Comillas, ICAI. Julio 2019.

[GUTI18] Jesús María Gutiérrez Serrano. “Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) para la industria conservera y de los transformados vegetales”. Proyecto de fin de grado, Universidad Pontificia de Comillas, ICAI. Junio 2018.

Capítulo 3. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realiza un estudio de los impactos (positivos o negativos) que tiene la estación depuradora de agua para la industria textil. El objetivo de este estudio es averiguar los impactos medioambientales de la construcción y funcionamiento de la EDAR para intentar prevenirlos lo antes posible. Además, en la medida que sea posible se deberán llevar a cabo medidas correctivas para tratar de minimizar al máximo dichos impactos perjudiciales para el medioambiente.

En la Tabla 56 se muestra la matriz de impactos medioambientales durante la construcción de la EDAR para la industria textil. En la Tabla 57 se muestra la matriz de impactos medioambientales durante la fase de explotación de la EDAR, es decir, de su funcionamiento. Para ello se han escogido las actividades más características de ambas fases. Para la fase de construcción se ha escogido: el movimiento de las tierras y de la maquinaria, la ocupación de espacio por la planta y por los materiales de construcción y la construcción de pistas y accesos a la depuradora. Para la fase de funcionamiento se ha escogido: el funcionamiento de la instalación y la generación de vertidos, ruidos y olores. En cuanto a los impactos ambientales se ha intentado abarcar la mayor parte de ramas afectadas, entre ellas se encuentra: el clima, la geología, la vegetación, la flora, elementos de patrimonio cultural y socioeconómicos etc.

Matriz de impactos en la fase de construcción						
Factores ambientales	Impactos	Movimiento de:		Ocupación del espacio por:		Pistas y accesos
		tierras	maquinaria	la planta de cogeneración	materiales de obra	
Clima	Alteración del clima					
Geomorfología	Inestabilidad del terreno / alteración de las formas del terreno					
Geología	Alteración de rasgos geológicos de interés					
Hidrología superficial	Disminución de la calidad de las aguas					
Hidrología subterránea	Disminución de la calidad de las aguas					
Edafología	Ocupación y pérdida irreversible de suelo					
	Contaminación/pérdida de capacidad productiva					
Vegetación	Pérdida/afección a la cubierta vegetal					
Fauna	Destrucción directa de la fauna edáfica					
	Destrucción y pérdida de calidad de hábitats para la fauna					
Paisaje	Alteración de la calidad paisajística					
Ruido	Incremento de los niveles sonoros					
Calidad del aire	Aumento de niveles de inmisión de partículas (polvo)					
	Aumento de niveles de inmisión de gases					
Elementos del patrimonio	Afección a elementos del patrimonio cultural					
Elementos del medio socio económico	Afección a elementos socioeconómicos					
Valores de interés humano	Afección a elementos de interés humano					
Sistema demográfico	Número de población activa ocupada					

Tabla 56 Matriz de impactos en la fase de construcción de la EDAR. Fuente [MACH17] y [NOTA07]

Afección positiva	
Afección negativa	

Matriz de impactos en la fase de funcionamiento/explotación					
Factores ambientales	Impactos	Funcionamiento de la instalación	Porducción de vertidos	Generación de:	
				ruidos	olores
Clima	Alteración del clima				
Geomorfología	Inestabilidad del terreno / alteración de las formas del terreno				
Geología	Alteración de rasgos geológicos de interés				
Hidrología superficial	Disminución de la calidad de las aguas				
Hidrología subterránea	Disminución de la calidad de las aguas				
Edafología	Ocupación y pérdida irreversible de suelo				
	Contaminación/pérdida de capacidad productiva				
Vegetación	Pérdida/afección a la cubierta vegetal				
Fauna	Destrucción directa de la fauna edáfica				
	Destrucción y pérdida de calidad de hábitats para la fauna				
Paisaje	Alteración de la calidad paisajística				
Ruido	Incremento de los niveles sonoros				
Calidad del aire	Aumento de niveles de inmisión de partículas (polvo)				
	Aumento de niveles de inmisión de gases				
Elementos del patrimonio	Afección a elementos del patrimonio cultural				
Elementos del medio socio económico	Afección a elementos socioeconómicos				
Valores de interés humano	Afección a elementos de interés humano				
Sistema demográfico	Número de población activa ocupada				

Tabla 57 Matriz de impactos en la fase de producción/explotación de la EDAR. Fuente [MACH17] y [NOTA07]

Afección positiva	
Afección negativa	

3.2 VALORACIÓN DE IMPACTOS

El método utilizado para esta valoración es el desarrollado por en el “Estudio ambiental de una planta de cogeneración en papelera guipuzcoana de Zicuña S.A.” de Esther Notario.

Para valorar la importancia del impacto ambiental (I) se ha considerado una serie de términos como se aprecia en la siguiente ecuación:

$$I = \pm (3 \text{ IN} + 2 \text{ EX} + \text{MO} + \text{PE} + \text{RV} + \text{SI} + \text{AC} + \text{EF} + \text{PR} + \text{MC})$$

A continuación, se explicarán cada uno de los siguientes términos:

- ✓ IN indica la intensidad que tiene las acciones sobre el factor estudiado. A continuación, se muestran los posibles valores.

Intensidad IN	Valor
Afección mínima	1
Afección media	2
Afección alta	4
Afección muy alta	8
Destrucción total	12

Tabla 58 Valores de intensidad. Fuente: [NOTA07]

- ✓ EX indica el porcentaje de extensión del impacto. A continuación, se muestran los posibles valores.

Extensión EX	Valor
Puntual	1

Parcial	2
Extenso	4
Total	8
Crítica	+4

Tabla 59 Valores de extensión. Fuente: [NOTA07]

- ✓ MO indica el momento, es decir, la diferencia de tiempo entre que se realiza la acción y sus efectos. A continuación, se muestran los posibles valores.

Momento MO	Valor
Largo plazo	1
Medio plazo	2
Inmediato	4
Crítico	+4

Tabla 60 Valores de momento. Fuente: [NOTA07]

- ✓ PE indica la persistencia, es decir, la cantidad de tiempo medido en años que perduran los efectos de la acción. A continuación, se muestran los posibles valores.

Persistencia PE	Valor
Fugaz (<1 año)	1
Temporal (1-10 años)	2
Permanente (>10 años)	4

Tabla 61 Valores de persistencia. Fuente: [NOTA07]

- ✓ RV indica la reversibilidad, es decir, la posibilidad de volver al estado en el cual la acción no se había llevado a cabo. A continuación, se muestran los posibles valores.

Reversibilidad RV	Valor
Corto plazo	1
Medio plazo	2
Irreversible	4

Tabla 62 Valores de reversibilidad. Fuente: [NOTA07]

- ✓ MC indica recuperabilidad, es decir, la posibilidad de arreglar total o parcialmente el factor estudiado introduciendo medidas correctoras. A continuación, se muestran los posibles valores.

Recuperabilidad MC	Valor
Recuperable de manera inmediata	1
Recuperable a medio plazo	2
Mitigable (parcialmente)	4
Irrecuperable	8

Tabla 63 Valores de recuperabilidad. Fuente: [NOTA07]

- ✓ SI indica sinergia, es decir, el reforzamiento de un impacto cuando se dan varias acciones al mismo tiempo. A continuación, se muestran los posibles valores.

Sinergia SI	Valor
Sin sinergismo	1
Sinérgico	2
Muy sinérgico	4

Tabla 64 Valores de sinergia. Fuente: [NOTA07]

- ✓ AC indica acumulación, es decir, el incremento de los efectos cuando se dan las acciones. A continuación, se muestran los posibles valores.

Acumulación AC	Valor
Simple	1
Acumulativo	4

Tabla 65 Valores de acumulación. Fuente: [NOTA07]

- ✓ EF indica efecto, es decir, la forma de manifestación del efecto. A continuación, se muestran los posibles valores.

Efecto EF	Valor
Indirecto o secundario	1
Directo	4

Tabla 66 Valores de efecto. Fuente: [NOTA07]

- ✓ PR indica periodicidad, es decir, la frecuencia de la manifestación del efecto.

Periodicidad PR	Valor
Irregular	1
Periódico	2
Continuo	4

Tabla 67 Valores de periodicidad. Fuente: [NOTA07]

- ✓ I indica la importancia del impacto. Se calcula mediante la ecuación que se muestra al principio de este apartado. Los valores mínimo y máximo de esta ecuación son 13 y 100 respectivamente. A continuación, se muestran los posibles valores.

Importancia del impacto I	Valor
Compatibles	< 25
Moderados	25-50
Severos	50-75
Críticos	>75

Tabla 68 Valores de importancia del impacto. Fuente: [NOTA07]

A continuación, se muestra un análisis numérico de la importancia del impacto de las acciones más significativas en las fases de construcción y funcionamiento de la EDAR.

En la fase de construcción se han considerado como impactos más significativos los siguientes [NOTA07]:

- ❖ Disminución de la calidad de las aguas
- ❖ Ocupación y pérdida del suelo
- ❖ Pérdida/afección a la cubierta vegetal
- ❖ Destrucción y pérdida de calidad de hábitats para la fauna
- ❖ Alteración de la calidad paisajística
- ❖ Incremento de los niveles sonoros
- ❖ Aumento de niveles de inmisión de partículas (polvo) y gases

En la fase de funcionamiento se han considerado como impactos más significativos los siguientes [NOTA07]:

- ❖ Aumento de la calidad de aguas

- ❖ Ocupación y pérdida del suelo
- ❖ Pérdida/afección a la cubierta vegetal
- ❖ Destrucción y pérdida de calidad de hábitats para la fauna
- ❖ Alteración de la calidad paisajística
- ❖ Incremento de los niveles sonoros
- ❖ Afección a elementos socioeconómicos
- ❖ Afección a elementos de interés humano

En la Tabla 69 y Tabla 70 se muestran los impactos en función de la fase en la que se encuentre la EDAR, construcción y funcionamiento respectivamente. Cabe mencionar que los impactos positivos son críticos mientras que los negativos no lo son.

Impactos en la fase de construcción	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR	I	Importancia del impacto I
Disminución de la calidad de las aguas	2	2	4	4	4	4	1	4	4	4	-39	moderado
Ocupación y pérdida del suelo	8	1	4	4	2	4	1	1	4	4	-50	moderado
Pérdida/afección a la cubierta vegetal	4	1	4	4	4	2	1	4	4	4	-41	moderado
Destrucción y pérdida de calidad de hábitats para la fauna	4	2	4	4	4	2	1	4	4	2	-41	moderado
Alteración de la calidad paisajística	4	4	4	4	4	4	1	1	4	4	-46	moderado
Incremento de los niveles sonoros	2	2	4	1	1	1	1	1	4	1	-24	compatible
Aumento de niveles de inmisión de partículas (polvo) y gases	4	2	2	1	1	1	1	1	4	1	-28	moderado

Tabla 69 Impacto en la fase de construcción

Impactos en la fase de funcionamiento	IN	EX	MO	PE	RV	MC	SI	AC	EF	PR	I	Importancia del impacto I
Aumento de la calidad de aguas	12	8	4	4	4	4	1	4	4	4	81	crítico
Ocupación y pérdida del suelo	8	1	4	4	2	4	1	1	4	4	-50	moderado
Pérdida/afección a la cubierta vegetal	4	1	4	4	4	2	1	4	4	4	-41	moderado
Destrucción y pérdida de calidad de hábitats para la fauna	4	2	4	4	4	2	1	4	4	2	-41	moderado
Alteración de la calidad paisajística	8	4	4	4	2	4	1	1	4	4	-56	severo
Incremento de los niveles sonoros	1	2	4	1	1	1	1	1	4	2	-22	compatible
Afección a elementos socioeconómicos	12	8	4	4	4	4	1	4	4	4	81	crítico
Afección a elementos de interés humano	12	8	4	4	4	4	1	4	4	4	81	crítico

Tabla 70 Impacto en la fase de funcionamiento

3.3 *MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS*

En este apartado se describirán posibles medidas preventivas y correctoras para disminuir en la medida de lo posible los efectos negativos que se pueden producir durante la construcción y funcionamiento de la EDAR.

Las medidas preventivas son aquellas que se toman antes de realizar la acción para minimizar el impacto negativo que pueda tener. Las posibles medidas preventivas que se pueden tomar en este caso son las siguientes:

- Realizar un buen mantenimiento de las instalaciones de la planta
- La maquinaria debe cumplir los requisitos necesarios y llevar a cabo mantenimientos frecuentes
- Antes de comenzar la obra, se debe realizar una puesta a punto de la maquinaria y realizar procesos de iniciación a nuevos trabajadores
- Gestionar los materiales sobrantes de manera que no afecte negativamente a la naturaleza
- Escoger un lugar para la instalación de la depuradora lejano a zonas urbanas

Las medidas correctivas se dan cuando el efecto perjudicial ha ocurrido y se intenta minimizar al máximo sus consecuencias. Las posibles medidas correctivas que se pueden tomar en este caso son las siguientes:

- Reducir la velocidad de los camiones para minimizar posibles ruidos y polvo
- Uso de maquinaria más moderna con la que se obtenga una contaminación acústica menor
- Uso de materiales de alta calidad y durabilidad, que una vez utilizados puedan ser desechados eficazmente y sin producir contaminación
- Utilizar mismos recorridos de la maquinaria para no alterar varias zonas de la vegetación

3.4 *BIBLIOGRAFÍA*

[NOTA07] Esther Notario, “Estudio ambiental de una planta de cogeneración en papelera. guipuzcoana de Zicuña S.A.”. Novotec, 2007

[MACH17] Jaime Machés Rueda. “Diseño de una EDAR (Estación depuradora de aguas residuales) para la industria cervecera”. Proyecto de fin de grado, Universidad Pontificia de Comillas, ICAI. Mayo 2017

Capítulo 4. ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

4.1 INTRODUCCIÓN

Debido a la importancia del agua en todas partes del mundo como se ha explicado anteriormente, en este capítulo se realiza un análisis de viabilidad económica de la depuradora de agua para la industria textil. Para ello, se llevará a cabo un análisis coste-beneficio (ACB). Este detallado análisis consiste en una comparación entre costes de explotación de la depuradora de agua y los beneficios para el medioambiente de su funcionamiento.

Cabe mencionar que para realizar una comparación entre dos temas es necesario que ambos se expresen en las mismas unidades. Generalmente, los beneficios medioambientales no son expresados en unidades monetarias como los costes. Por ello, mediante el ACB se deberá homogeneizar las unidades de ambos. El método de valoración contingente (MVC) se usa para dar solución a este problema preguntando a individuos cuánto estarían dispuestos a pagar por una subida o bajada de calidad o cantidad en un recurso ambiental. Muchos científicos consideran que este método no es válido. Por ello, gracias a un trabajo de Färe et al. (1993) surge la metodología de valoración de los outputs no deseables [HERN10]. Además, se calculará el precio sombra, es decir, el valor que se le otorga a los outputs no deseables ya que podrían ser perjudiciales para el medioambiente.

En este caso en concreto, los outputs no deseables serían: los sólidos en suspensión (SS), el nitrógeno (N), el fósforo (P), la demanda biológica y química de oxígeno (DBO y DQO respectivamente), para los cuales se calculará los precios sombra y de este modo se hallará el beneficio para el medioambiente. El output deseable sería la obtención de un agua mucho más limpia.

4.2 *MÉTODO*

La metodología por seguir fue desarrollada por Färe et al. (1993). El objetivo es calcular los precios sombra de cada uno de los contaminantes, para ello se tendrá que obtener la llamada función distancia.

La función distancia evalúa la diferencia entre los outputs que se producen en el proceso y los outputs que se producen en el proceso que minimiza los inputs y la producción de outputs no deseables, es decir, el proceso más eficiente (maximización de los outputs deseables). La función distancia es definida como:

$$D_0(x, u) = \text{Min} \{ \theta : (u/\theta) \in P(x) \}$$

Ecuación 1: Función distancia. Fuente: [HERN10]

Siendo:

- $P(x)$: vector de outputs técnicamente viables y que utilizan el vector de inputs
- u/θ : relación de outputs en la frontera de producción

Como viene expresado en el estudio de viabilidad llevado a cabo por Hernández et al. (2010), la función distancia tiene las siguientes propiedades:

- $D_0(x, u)$: función semicontinua inferior
- $D_0(x, u)$: función no decreciente en u y no creciente en x
- $D_0(x, u)$: es homogénea de grado 1 en outputs (u)

Posteriormente, es necesario calcular la función translog. Donde se aplican k unidades de producción, n inputs y m outputs

$$\begin{aligned} \ln D_0(x^k, u^k) &= \alpha_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_n^k + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln u_m^k \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{n'=1}^N \beta_{nn'} (\ln x_n^k) (\ln x_{n'}^k) \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{m'=1}^M \alpha_{mm'} (\ln u_m^k) (\ln u_{m'}^k) \\ &+ \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M \gamma_{nm} (\ln x_n^k) (\ln u_m^k). \end{aligned}$$

Ecuación 2: Función translog. Fuente: [HERN09]

Para el cálculo de los parámetros α , β , γ hay que realizar un programa lineal que se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= \sum_{k=1}^K [\ln D_0(x^k, u^k) - \ln 1] \\ \text{s.t. :} \\ (i) \quad &\ln D_0(x^k, u^k) \leq 0 \\ (ii) \quad &\frac{\partial \ln D_0(x^k, u^k)}{\partial \ln u_m^k} \geq 0, (m=1) \\ (iii) \quad &\frac{\partial \ln D_0(x^k, u^k)}{\partial \ln u_{m'}^k} \leq 0, (m'=2,3,4\dots) \\ (iv) \quad &\sum_{m=1}^M \alpha_m = 1; \sum_{n'=1}^N \beta_{nn'} = \sum_{n=1}^N \gamma_{nn} = 0 \\ (v) \quad &\alpha_{mm'} = \alpha_{m'm}; m=1, \dots, M; m'=1, \dots, M \\ (vi) \quad &\beta_{nn'} = \beta_{n'n}; n=1, \dots, N; n'=1, \dots, N \end{aligned}$$

Ecuación 3: Programa lineal. Fuente: [HERN10]

Para trasladar valores cuyas unidades son físicas a unidades monetarias se aplica el lema de Shephard. Para la aplicación de dicho lema hay que aceptar que la función distancia y la de ingresos son diferenciables. Las relaciones entre ambas son las siguientes, siendo $R(x,y)$ la función ingresos y $D_0(x,u)$ la función distancia.

$$R(x, u) = \underset{u}{\text{Max}} \{ ru : D_0(x, u) \leq 1 \}$$

$$D_0(x, u) = \underset{r}{\text{Max}} \{ ru : R(x, u) \leq 1 \}$$

Ecuación 4 Relaciones entre función distancia y función ingresos. Fuente: [HERN10]

Gracias al lema de Shephard se obtiene la siguiente relación, siendo $r^*(x, u)$ el máximo de la función de ingresos

$$\nabla_u D_0(x, u) = r^*(x, u)$$

Ecuación 5: Relación de dualismo. Fuente: [HERN10]

Finalmente, para el cálculo de los precios sombra de los outputs no deseables (m') hay que dividir la derivada de la función distancia con respecto al output no deseables (m') y la derivada de la función distancia con respecto al output deseable y multiplicarlo por el precio sombra del output deseable (m). Siendo r_m el precio de mercado del output deseable que debe ser igual que r_m^0 .

$$r_{m'} = r_m^0 \frac{\partial D_0(x, u) / \partial u_{m'}}{\partial D_0(x, u) / \partial u_m}$$

Ecuación 6: Fórmula del precio sombra. Fuente: [HERN10]

Después de utilizar el procedimiento anteriormente explicado para 43 estaciones depuradoras situadas en Valencia se obtienen los siguientes precios sombras de los outputs no deseables (N, P, SS, DBO y DQO), el precio de referencia del agua obtenida en función

del destino de dichas aguas. Estos datos han sido considerados de referencia para los cálculos de este capítulo.

Destination	Reference price water €/m ³	Shadow prices for undesirable outputs (€/kg)				
		N	P	SS	BOD	COD
River	0.7	-16.353	-30.944	-0.005	-0.033	-0.098
Sea	0.1	-4.612	-7.533	-0.001	-0.005	-0.010
Wetlands	0.9	-65.209	-103.424	-0.010	-0.117	-0.122
Reuse	1.5	-26.182	-79.268	-0.010	-0.058	-0.140

Tabla 71 Precios sombra y precio del agua. Fuente: [HERN09]

4.3 DATOS DE PARTIDA

A continuación, se muestra los datos que se van a utilizar para realizar el análisis coste-beneficio (ACB).

Para ello, se estudiarán los inputs que son necesarios para realizar el tratamiento del agua procedente de la industria textil. En la Tabla 72 se muestra el precio genérico en función de los metros cúbicos de agua tratada de la energía, del personal, de los reactivos y del mantenimiento y por último de los residuos y otros gastos genéricos.

Inputs		eur/m3
	Energía	0,037
	Personal	0,063
	Reactivos y Mantenimiento	0,065
	Residuos y otros costes	0,035

Tabla 72 Precio genérico medio de los inputs. Fuente: [HERN10]

En la Tabla 73 se muestra el precio por año de lo inputs mencionados anteriormente aplicados al caso de estudio.

Inputs		eur/año
	Energía	29.575,95
	Personal	50.359,05
	Reactivos y Mantenimiento	51.957,75
	Residuos y otros costes	27.977,25

Tabla 73 Precio anual de los inputs

El objetivo de una depuradora de agua es conseguir un agua limpia que cumpla la normativa. En la Tabla 74 se muestra la cantidad de agua adecuada anual que se obtiene tras el tratamiento.

Outputs deseables		m3/año
	Agua	799.350,00

Tabla 74 Cantidad de outputs deseables

Por otra parte, para llevar a cabo el proceso de depuración se han tenido que reducir los outputs no deseables hasta que cumplieran con la normativa. Finalmente, se obtiene una cantidad anual de la DBO, DQO, SS, N y P que se muestra en la Tabla 75.

Outputs no deseables		kg/año
	DBO	7.812.185,44
	DQO	17.384.258,80
	SS	543.877,74
	N	4.796.100,00
	P	959.220,00

Tabla 75 Cantidad de outputs no deseables

4.4 RESULTADOS

El beneficio ambiental de la eliminación de nitrógeno, fósforo, sólidos en suspensión y la demanda biológica y química de oxígeno se obtiene multiplicando el precio sombra de cada uno de los contaminantes por la cantidad eliminada en el proceso de depuración.

La cantidad de contaminante eliminada en el proceso de depuración es la siguiente:

Contaminante	mg/l eliminados
DBO	690,23
DQO	2.228,25
SS	199,32
N	34,00
P	38,80

Tabla 76 Cantidad de contaminantes eliminados en el proceso

Por ello, el beneficio ambiental obtenido en el proceso de depuración suponiendo diferentes destinos del agua tratada es:

Beneficio ambiental en función del destino del agua (eur/m3)				
Contaminantes	Río	Mar	Humedal	Reutilización
DBO	0,023	0,003	0,081	0,040
DQO	0,218	0,022	0,272	0,312
SS	0,001	0,000	0,002	0,002
N	0,556	0,157	2,217	0,890
P	1,201	0,292	4,013	3,076
TOTAL	1,999	0,475	6,585	4,320

Tabla 77 Beneficio ambiental

A continuación, se muestra un gráfico con los beneficios ambientales en porcentaje en función del contaminante eliminado. Se puede observar que el mayor beneficio ambiental medio es el obtenido por la eliminación del fósforo y el menor beneficio ambiental es el obtenido por la eliminación de los sólidos en suspensión.

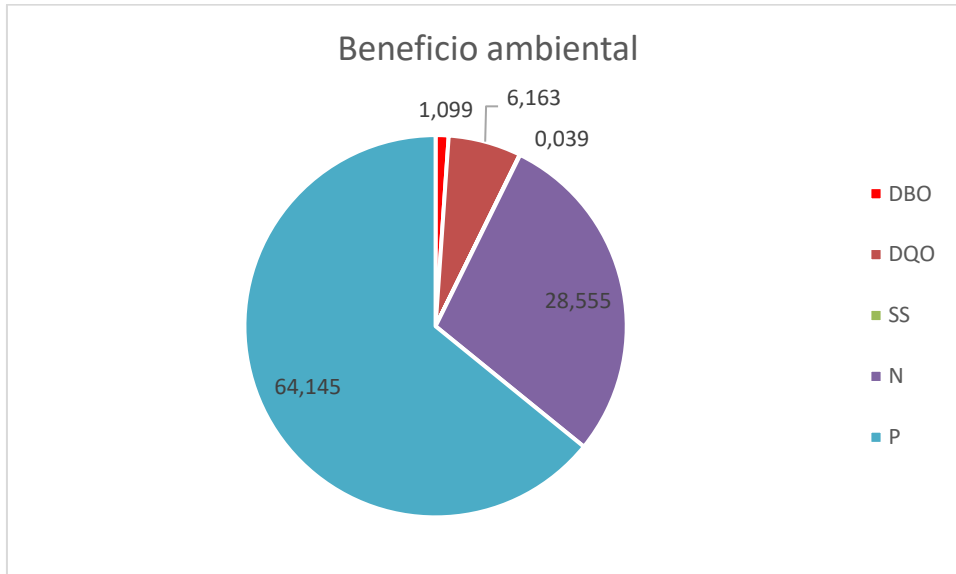


Figura 30 Beneficio ambiental según contaminante

Una vez conocidos el beneficio ambiental y los costes, se calcula el beneficio neto como la diferencia de ambos. A continuación, se muestra el beneficio neto en función del destino del agua:

	Beneficio ambiental (eur/m3)	Coste (eur/m3)	Beneficio neto (eur/m3)
Rio	1,999	0,200	1,799
Mar	0,475	0,200	0,275
Humedal	6,585	0,200	6,385
Reutilizacion	4,320	0,200	4,120

Tabla 78 Beneficio neto

Seguidamente se muestra en el grafico el mayor beneficio ambiental y neto está asociado a la descarga de aguas a humedales ya que estas zonas son muy sensibles y evitar la presencia de estos contaminantes es muy beneficioso. Por otro lado, el menor beneficio ambiental y neto está asociado a la descarga de aguas al mar ya que en el mar los contaminantes se diluyen y dispersan más fácilmente.

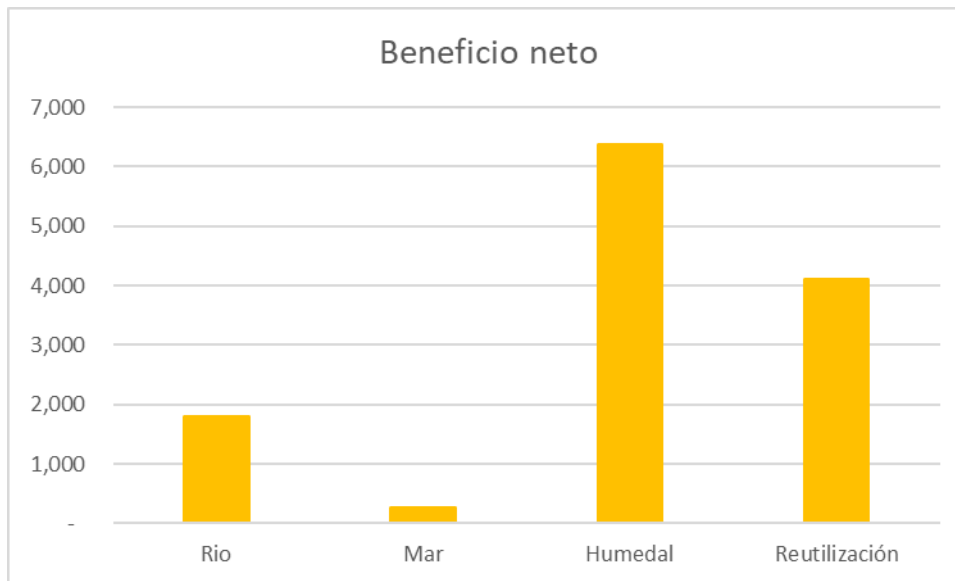


Figura 31 Beneficio neto en función del destino del agua

4.5 CONCLUSIONES

Los estudios de viabilidad económica son fundamentales a la hora de evaluar proyectos. Pero también es muy importante estudiar los costes y beneficios ambientales. Por ello, se ha realizado un análisis coste-beneficio.

El mayor beneficio ambiental se obtiene de la eliminación del fósforo independientemente del destino del agua, seguido de la eliminación de nitrógeno, de la demanda química de oxígeno, de la demanda biológica de oxígeno y por último de los sólidos en suspensión.

En el estudio de la industria textil en cuestión, se obtiene que el beneficio neto es siempre positivo independientemente del destino del agua. Estudiando el destino de las aguas, se obtiene que el mayor beneficio neto es cuando las aguas son destinadas a humedales. Por otra parte, el menor beneficio neto es el obtenido cuando las aguas son destinadas al mar.

4.6 *BIBLIOGRAFÍA*

[HERN10] Hernández-Sancho, Francesc; Molinos-Senante, María; Sala-Garrido, Ramón. Estudio de viabilidad económica para el tratamiento de aguas residuales a través de un análisis coste beneficio. Aceptado 15/02/2010

[HERN09] Hernández-Sancho, Francesc; Molinos-Senante, María; Sala-Garrido, Ramón. Economic valuation of environmental benefits from wastewater treatment processes: An empirical approach for Spain. Accepted 10/10/2009

[EDEMXX] Estudio de explotación y mantenimiento de la estación depuradora de aguas residuales de losar de la vera (Cáceres). Anejo nº19 estudio de explotación y mantenimiento.

Capítulo 5. ANEXOS

PRESUPUESTO

Índice del presupuesto

Capítulo 1. Presupuestos parciales	3
1.1 Pretratamiento	3
1.1.1 Desbaste	3
1.1.2 Tamizado	3
1.1.3 Desengrasador	3
1.1.4 Homogeneización	4
1.2 Tratamiento primario.....	4
1.2.1 Decantador primario.....	4
1.3 Tratamiento secundario	4
1.3.1 Reactor biológico y balsas anóxicas	4
1.3.2 Coagulación y floculación.....	5
1.3.3 Decantador secundario	5
1.4 Espesamiento de fangos	5
1.4.1 Espesamiento por gravedad	5
1.4.2 Espesamiento por flotación	6
1.5 Digestión de fangos	6
1.5.1 Digestión aerobia	6
1.6 Deshidratación de fangos	7
1.6.1 Deshidratación por centrifugación	7
1.7 Conducciones	7
Capítulo 2. Presupuestos generales	8
Capítulo 3. Bibliografía.....	9

Capítulo 1. PRESUPUESTOS PARCIALES

1.1 *PRETRATAMIENTO*

1.1.1 DESBASTE

Obra civil: movimiento de tierras para la instalación de las rejas

Coste: 14.800

Equipos mecánicos: incluye la reja automática utilizada

Coste: 3.700

1.1.2 TAMIZADO

Equipos mecánicos: incluyendo el tamiz rotativo y su instalación correspondiente.

Coste: 4.750

1.1.3 DESENGRASADOR

Obra civil: incluye el movimiento de tierras, los materiales necesarios como acero y hormigón y elementos mecánicos auxiliares

Coste: 9.400

Equipos mecánicos: incluye compuertas de entrada, , paquete de placas y las bombas necesarias

Coste: 9.300

1.1.4 HOMOGENEIZACIÓN

Obra civil: incluye el movimiento de tierras, materiales como hormigón y acero y elementos mecánicos auxiliares.

Coste: 56.900

Equipos mecánicos: incluye bombas, compuertas, agitadores e instrumentación necesaria.

Coste: 16.700

1.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

1.2.1 DECANTADOR PRIMARIO

Obra civil: incluye el movimiento de tierras, materiales como hormigón y acero y elementos mecánicos auxiliares.

Coste: 14.000

Equipos mecánicos: incluye bombas, compuertas y puente para el decantador primario

Coste: 6.500

1.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

1.3.1 REACTOR BIOLÓGICO Y BALSAS ANÓXICAS

Obra civil: incluye el movimiento de tierras, materiales como hormigón y acero y elementos mecánicos auxiliares.

Coste: 155.000

Equipos mecánicos: incluye las compuertas necesarias a la entrada, a la salida y para las balsas, bombas de recirculación de licor mixto y de exceso de fangos, aireadores superficiales e instrumentación.

Coste: 26.000

1.3.2 COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

Equipos para la cámara de floculación: incluye un agitado para realizar la floculación y un vertedero.

Coste: 3.000

Unidad de dosificación de cloruro férrico: incluye redes de conexión, un equipo para la preparación de $FeCl_3$, bombas e instrumentación.

Coste: 6.000

1.3.3 DECANTADOR SECUNDARIO

Obra civil: incluye el movimiento de tierras, materiales como hormigón y acero y elementos mecánicos auxiliares.

Coste: 28.000

Equipos mecánicos: incluye compuertas y un puente para el decantador secundario.

Coste: 8.000

1.4 *ESPESAMIENTO DE FANGOS*

1.4.1 ESPESAMIENTO POR GRAVEDAD

Obra civil: incluye el movimiento de tierras, materiales como hormigón y acero y elementos mecánicos auxiliares.

Coste: 14.000

Equipos mecánicos: incluye un equipamiento espesador de gravedad y bombas de fangos.

Coste: 5.700

1.4.2 ESPESAMIENTO POR FLOTACIÓN

Obra civil: incluye el movimiento de tierras, materiales como hormigón y acero y elementos mecánicos auxiliares.

Coste: 29.300

Equipos mecánicos: incluye un equipamiento espesador por flotación y bombas de fangos.

Coste: 5.700

1.5 DIGESTIÓN Y ALMACENAMIENTO DE FANGOS

1.5.1 DIGESTIÓN AEROBIA Y ALMACENAMIENTO

Obra civil: incluye el movimiento de tierras, materiales como hormigón y acero y elementos mecánicos auxiliares.

Coste: 29.800

Equipos mecánicos: incluye bombas, redes de conexión, deposito de almacenamiento de los fangos e instrumentación

Coste: 4.000

1.6 *DESHIDRATACIÓN DE FANGOS*

1.6.1 DESHIDRATACIÓN POR CENTRIFUGACIÓN

Equipos mecánicos: incluye conta de descarga y de recogida de los fangos, bombas, centrífuga, redes de conexión y auxiliares e instrumentación.

Coste: 14.300

1.7 *CONDUCCIONES*

Cantidad de tuberías y conductos necesarios para el funcionamiento de la EDAR

Coste:10.000,00

Capítulo 2. PRESUPUESTOS GENERALES

En la siguiente Tabla 1 se muestra el presupuesto total de la construcción de la EDAR que asciende a 648.780,00 euros. Se ha añadido a los cálculos un 3% de gastos generales (GG) y un 6% de beneficio industrial (B. Industrial).

PRESUPUESTO GENERAL				
Etapas	Procesos	Obra Civil (€)	Equipos Mecánicos (€)	Total (€)
Pretratamiento	Desbaste	14.800	3.700	18.500
	Tamizado	-	4.750	4.750
	Desengrasado	9.400	9.300	18.700
	Homogeneización	56.900	16.700	73.600
Tratamiento Pirmario	Decantador Pirmario	14.000	6.500	20.500
Tratamiento Secundario	Reactor biológico + balsas anóxicas	155.000	26.000	181.000
	Decantador Secundario	28.000	8.000	36.000
	Cámara de floculación	3.000	6.000	9.000
	Decantador Secundario	28.000	8.000	36.000
Espesamiento de fangos	Espesado por gravedad	14.000	5.700	19.700
	Espesado por flotación	29.300	5.700	35.000
Estabilización de fangos	Digstión aerobia	29.800	4.000	33.800
Deshidratación de fangos	Centrífuga	-	14.300	14.300
Conducciones		-	-	10.000
TOTAL				510.850

RESULTADO TOTAL	
Total	510.850
3% GG + 6% B. Industrial	45.977
18% IVA	91.953
Total Presupuesto (€)	648.780

Tabla 1: Presupuesto total de la construcción de la EDAR

Capítulo 3. BIBLIOGRAFÍA

[CRUZ08] Miguel Cruz Campos. Ingeniería básica en la planta de tratamiento de efluentes procedentes de una industria de envasado de aceitunas. Presupuesto. Octubre 2008.

[GUTI18] Jesús María Gutiérrez Serrano. Diseño de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) para la industria conservera y de los transformados vegetales. Junio 2018

OBJETIVOS DE

DESARROLLO

SOSTENIBLE

Capítulo 1. ODS

La Organización de las Naciones Unidas aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible. La población actual vive en unas condiciones mucho mejores que nuestros antepasados gracias a la multitud de avances conseguidos. Pero desgraciadamente, no todos los seres humanos de la población pueden disfrutar de estas ventajas. Por ello, es necesario que todos los países y sociedades trabajen juntos para así mejorar la vida de toda la población mundial y no sólo la de unos pocos.

La Agenda cuenta exactamente con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenibles, que abarca con los problemas presentes en la actualidad. Los 17 objetivos son los siguientes:



Figura 1 Los 17 ODS. Fuente: [ODDSXX]

En concreto, este proyecto se centra en alcanzar los siguientes objetivos:



Garantiza una mejora en la salud y en el bienestar de la población ya que se ha reducido mucho la cantidad de contaminantes presentes en el agua. La limpieza del agua ha contribuido a un aumento de la esperanza de vida y por tanto una mejora considerable del bienestar de la población.



El principal objetivo de una depuradora de agua es la obtención de un agua más limpia. En el mundo, dos de cada cinco personas no tienen la gran ventaja de disponer de una instalación para lavarse las manos. Debido a la pandemia actual debido al COVID-19 se muestra la importancia de la higiene para prevenir enfermedades. La limpieza continua de las manos reduce la propagación del virus.



Con la construcción de las depuradoras se obtiene un bienestar para todos. Cabe mencionar la importancia de crear infraestructuras que sean sostenibles y de alta calidad. Además, crea puestos de trabajo ya que necesita mantenimiento.

11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES



El crecimiento del número de personas que viven en ciudades ha aumentado considerablemente. Por lo tanto, la gestión de un recurso tan básico como es el agua es fundamental. Gracias a las depuradoras, las aguas se pueden reutilizar por lo que el gasto se reduce considerablemente.

12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES



Como se ha mencionado anteriormente, el agua utilizada en los procesos de depuración se puede reutilizar por lo que se consigue una gestión eficiente de uno de los recursos naturales más importantes, el agua. Por otra parte, también se llega a este objetivo haciendo una buena gestión de los residuos obtenidos tras el proceso de depuración.

14 VIDA SUBMARINA



Conseguir una buena vida submarina para los seres vivos es imprescindible para alcanzar un futuro sostenible. Con las depuradoras de agua se protegen los océanos ya que se descontaminan sus aguas y consecuentemente se protege a los seres vivos acuáticos.

15 VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES



El agua como recurso fundamental es imprescindible para el buen estado de los bosques, tierras... Un agua limpia es muy importante para la conservación de la biodiversidad y del ecosistema.

Capítulo 2. BIBLIOGRAFÍA

[ODDSXX] Objetivos De Desarrollo Sostenibles. Página web oficial.

PLIEGO DE
CONDICIONES

Índice del pliego de condiciones

<i>Capítulo 1. Objetivo del pliego</i>	<i>3</i>
<i>Capítulo 2. Caudales, índices y condiciones de depuración</i>	<i>5</i>
<i>Capítulo 3. Ensayos y análisis.....</i>	<i>7</i>
<i>Capítulo 4. Personal.....</i>	<i>9</i>
<i>Capítulo 5. Materiales, reposiciones y suministros</i>	<i>11</i>
<i>Capítulo 6. Paradas y averías.....</i>	<i>13</i>
<i>Capítulo 7. Mejoras y aplicaciones</i>	<i>14</i>
<i>Capítulo 8. Inspección y vigilancia.....</i>	<i>15</i>
<i>Capítulo 9. Gastos por cuenta del contratista.....</i>	<i>16</i>
<i>Capítulo 10. Anexo I.....</i>	<i>18</i>

Capítulo 1. OBJETIVO DEL PLIEGO

BASE 1ª.- En el presente pliego se recogen las bases que regirán para la contratación de los Servicios de Mantenimiento, Conservación y Explotación de la Estación Depuradora de Aguas Residuales para industria textil, en adelante EDAR, que comprende las instalaciones definidas en el proyecto de construcción, de manera que se asegure su funcionamiento y se efectúen cuantas labores de mantenimiento y conservación sean precisas.

BASE 2ª.- Los servicios obligatorios que ha de realizar el contratista son:

- a) Mantener el funcionamiento normal de la estación de forma ininterrumpida y consiguiendo en todo momento unos índices de depuración que correspondan, como mínimo, a los requerimientos previstos en el proyecto constructivo de la EDAR, y recogidos en el Anexo I.
- b) Retirar en las debidas condiciones higiénicas, transportar y verter en los lugares adecuados las grasas, arenas y residuos de, rejillas y tamices recogidos en la planta.
- c) Desecar los lodos producidos hasta alcanzar el límite de humedad indicado en el Anexo I, para que puedan ser retirados fácilmente y sin olores por el contratista.
- d) Conservar en perfecto estado todos los elementos de la planta e instalaciones anejas.
- e) Mantener adecuadamente todas las instalaciones y equipos de la EDAR e instalaciones anejas. Deberá suscribir los correspondientes contratos de mantenimiento con empresas homologadas, de los elementos e instalaciones de la planta, conforme a la legislación vigente.
- f) Reparar o reponer todos los elementos averiados y deteriorados de las instalaciones e instalaciones anejas
- g) Adquirir a su costa todos los materiales, productos y suministros precisos para el debido mantenimiento, conservación y explotación.
- h) Conservar y mantener en perfecto estado todas las instalaciones existentes de control, automatismo e información de la planta. A tal fin deberán suscribir los correspondientes contratos de mantenimiento.

- i) Mantener en perfecto estado de limpieza y pintura todos los elementos e instalaciones de la EDAR.
- j) Conservar en las debidas condiciones, todos los elementos anejos a la EDAR, tales como los jardines, caminos interiores y edificaciones auxiliares.
- k) Suscribir una póliza de responsabilidad civil con cobertura de 600 miles de euros por siniestro y patronal para cada anualidad.
- l) Registrar y analizar las características de los parámetros que definen el proceso de las líneas de agua, fangos y auxiliares para su debido control y funcionamiento.
- m) Comunicar a los Servicios Técnicos del Ayuntamiento de forma inmediata, cualquier incidencia que afecte a las instalaciones de depuración.
- n) Enviar a los Servicios Técnicos del Ayuntamiento la información que éstos soliciten sobre el funcionamiento de la planta y con la periodicidad que se determine.
- o) Además, deberá prestar al Concello el servicio de mantenimiento de las estaciones de bombeo, fosas sépticas y mini EDAR´s de titularidad municipal. Todas las fosas sépticas de titularidad municipal deberán ser revisadas cada seis meses, procediendo a su limpieza, sin coste para el Ayuntamiento, si fuese necesario.
- p) Y, en general, cuantas operaciones y cuidados sean necesarios para cumplir con el fin iniciado en el apartado a).

Capítulo 2. CAUDALES, ÍNDICES Y CONDICIONES DE DEPURACIÓN

BASE 3ª.- Como características medias de las aguas a tratar, se tomarán las indicadas en el Anexo I, (recogidas de la resolución de autorización de vertido de las aguas residuales de la Confederación Hidrográfica del Duero). Las características principales serán las siguientes:

CAUDAL MÁXIMO PUNTUAL (m³/h)

146

CAUDAL MÁXIMO DIARIO (m³/día)

2.190

VOLUMEN ANUAL (m³/año)

799.350

BASE 4ª.- En caso de lluvias se disponen los correspondientes aliviaderos en pretratamiento en planta, por lo que se tratarán los caudales recogidos en el proyecto de la EDAR.

BASE 5ª.- El concesionario tratará toda el agua que pueda absorber la depuradora dentro del caudal máximo que pueda absorber la misma según sus condiciones técnicas.

BASE 6ª.- La buena marcha de la depuración se comprobará por determinación de los índices recogidos en el Anexo I.

BASE 7ª.- El contenido de humedad de los lodos una vez desecados, y el porcentaje en peso de materia volátil, deberán conseguir los porcentajes indicados en el Anexo I.

BASE 8ª.- Las determinaciones a que se refieren las BASES 6ª y 7ª, se hará de acuerdo con los métodos de análisis de la American Public Health Association, o con aquéllos que el Departamento Técnico del Ayuntamiento decida para cada caso específico

La Dirección Técnica del Ayuntamiento podrá ordenar o realizar otros ensayos, para un mejor conocimiento de la marcha de la depuración.

BASE 9ª.- Será obligación y a cuenta del adjudicatario, la retirada de las arenas, grasas, residuos de rejillas y tamices, recogidos en la planta, así como su transporte y depósito en vertederos autorizados.

BASE 10ª.- En el caso de que aparezcan en las aguas residuales sustancias o materias perturbadoras de los procesos de tratamiento o digestión, se comunicará inmediatamente su presencia a los Servicios Técnicos del Ayuntamiento, que determinará si se está en el caso de suspender temporal o parcialmente, alguna de las fases del proceso de tratamiento.

Capítulo 3. ENSAYOS Y ANÁLISIS

BASE 11^a.- En el laboratorio instalado en la planta, el adjudicatario deberá llevar a cabo cuantos ensayos y análisis sean precisos para el seguimiento de la depuración, para lo cual proveerá el personal, aparatos y reactivos necesarios.

Se deben realizar, como mínimo, las siguientes determinaciones:

- Sólidos totales que contiene el agua bruta y el efluente.
- Sólidos sedimentables que contiene el agua bruta y el efluente.
- Sólidos en suspensión del agua bruta y efluente.
- Contenidos de materia orgánica y mineral de lodos.
- DBO5 con/sin inhibidor Nitrificación.
- DBO5 disuelto.
- Residuo seco.
- Demanda química de oxígeno.
- Medición del pH y temperatura en lodos y aguas.
- Conductividad.
- Oxígeno disuelto.
- Índice volumétrico de lodos (I.V.L).
- Nitrógeno amoniacal.
- Nitrógeno-Nitratos.

- Nitrógeno-nitritos.

- Fósforo-ortofosfatos.

El control del efluente se realizará en los puntos de control, con la periodicidad y demás requisitos de la Resolución de Autorización de Vertido de una EDAR.

BASE 12ª.- Por su parte, los Servicios Técnicos del Ayuntamiento, podrán encargar al laboratorio de la planta o a otros laboratorios, cuantos ensayos y análisis juzguen necesarios para comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en los Capítulos II y III de estas Bases, o para estudiar la posibilidad de mejoras en el rendimiento y funcionamiento de las instalaciones.

BASE 13ª.- En el caso de que el contratista no estuviera de acuerdo con el resultado de los análisis efectuados por los Servicios del Ayuntamiento, se podrá acudir al arbitraje de un laboratorio oficial elegido de común acuerdo por las partes. Los gastos de los análisis de arbitraje serán por cuenta del contratista si no tuviera razón.

BASE 14ª.- El contratista previa autorización de los Servicios Técnicos, podrá montar instalaciones experimentales para ensayar posibilidades de mejora en los rendimientos o calidades de las aguas tratadas o de los lodos, ateniéndose para ello a las condiciones que dicho servicio le señale. Asimismo, colaborará en el montaje de instalaciones de este tipo, si se llevasen a cabo por iniciativa del Ayuntamiento por terceros autorizados por ésta.

Capítulo 4. PERSONAL

BASE 15ª.- El adjudicatario deberá disponer del personal preciso para garantizar la correcta realización, en todo momento de las labores de explotación, mantenimiento y conservación de la planta. Al frente del personal y para todas las relaciones con los Servicios Técnicos del Ayuntamiento se hallará un titulado superior, especializado en el tratamiento de aguas residuales.

El resto del personal de la empresa concesionaria tendrá una formación profesional y experiencia, acordes con las funciones que vayan a tener encomendadas

El explotador distribuirá el personal en los oportunos turnos de trabajo, de tal forma que se cubran todos los días del año.

La variación y sustitución del personal deberá ser razonada y puesta en conocimiento de los servicios Técnicos Municipales antes de proceder a la misma.

La empresa adjudicataria deberá subrogar al personal que actualmente está adscrito al presente servicio.

BASE 16ª.- Para atender las necesidades e incidencias que se presenten en la estación depuradora, el contratista dispondrá por su cuenta de los vehículos que estimen necesarios.

BASE 17ª.- El personal deberá atender con toda corrección a los representantes del Departamento Técnico Municipal, en cuantas visitas, inspecciones y trabajos efectúen en las instalaciones, proporcionándoles, asimismo, todos los datos o detalles que soliciten.

BASE 18ª.- Todo el personal que emplee el adjudicatario para la prestación del servicio, deberá percibir, como mínimo, los haberes o jornales fijados en las correspondientes reglamentaciones laborales y estará en todo momento al corriente de sus obligaciones tributarias y Seguridad Social.

BASE 19^a.- El Ayuntamiento no tendrá relación de ningún tipo con el personal, ni durante la vigencia del contrato ni a su terminación.

BASE 20^a.- Todo el personal de la contrata que, de servicio en la planta, cuyo mantenimiento, conservación y explotación es objeto del contrato, deberá actuar correctamente uniformado e identificado.

BASE 21^a.- Aparte del personal vinculado al contratista y al Departamento Técnico del Ayuntamiento, no se permitirá la entrada en las instalaciones a ninguna otra persona que no vaya provista de una autorización expresa y nominal, expedida para cada caso concreto por el departamento citado.

Capítulo 5. MATERIALES, REPOSICIONES Y

SUMINISTROS

BASE 22^a.- El contratista queda obligado a disponer en las instalaciones de todos los materiales, aparatos, herramientas y repuestos necesarios para su funcionamiento normal y para las reparaciones de rutina

BASE 23^a.- El contratista vendrá obligado a la introducción de las mejoras y complementaciones que a continuación se detallan:

- a) Material de oficina, taller, etc., necesarios.
- b) Equipamiento e instrumentación del laboratorio para poder efectuar todos los análisis previstos y, en especial, los señalados en la BASE 11^a.
- c) Equipos de seguridad de forma que se cumplan las normas vigentes sobre seguridad e higiene en el trabajo.

BASE 24^a.- En los quince primeros días desde la fecha de comienzo de los servicios del contratista, se procederá por éste y por los Servicios Técnicos del Ayuntamiento, a redactar un inventario contradictorio de todos los materiales, aparatos, herramientas y repuestos que existen en la Estación Depuradora y demás instalaciones.

El contratista repondrá cuantos elementos incluidos en el inventario se consuman, deterioren o desaparezcan, manteniendo éste al día. Podría, por su parte, aumentar a su costa el número y clase de repuestos si lo considera conveniente para el buen funcionamiento de las instalaciones, incluyéndose también en el inventario.

BASE 25^a.- Serán de cuenta del contratista todos los suministros de productos fungibles necesarios para el debido mantenimiento de la estación y su funcionamiento correcto, debiendo tener acopiados en el almacén los suficientes, para hacer frente a cualquier

eventualidad que se puede presentar en la entrega de productos por los respectivos abastecedores.

BASE 26ª.- Serán por cuenta del Ayuntamiento los siguientes suministros:

- a) Los gastos derivados de aquellas pruebas o ensayos que tengan por objeto la mejora de los rendimientos, o la mejor adaptación de las instalaciones a las nuevas disposiciones legales, salvo que los mismos hubieran sido ofertados por el licitador como mejoras y, por tanto, incorporados al objeto del contrato.
- b) El consumo de cloro para adicionar al efluente en aquellos casos que determine la Dirección del Ayuntamiento, que será abonado por la administración en la certificación correspondiente.

Serán por cuenta del contratista los productos químicos necesarios para el funcionamiento de la planta.

BASE 27ª.- Los gastos de consumo eléctrico ocasionado por el funcionamiento de la Estación Depuradora, o estaciones depuradoras, en su caso, e instalaciones anejas serán por cuenta del contratista.

Capítulo 6. PARADAS Y AVERÍAS

BASE 28ª.- La planta operará bajo el principio de mantenimiento preventivo, planeado para evitar roturas de índole mecánica, paros generales por reparación de elementos esenciales, y conseguir una operación de la instalación en proceso continuo.

En principio, y dadas las características constructivas de la planta, se prevén paradas generales de la planta para realizar el mantenimiento en el pozo de bombeo de agua bruta. Estas podrán ser acordadas por el Ayuntamiento, previa solicitud razonada del explotador.

Anualmente se realizará, en colaboración con el Ayuntamiento, una inspección sobre el estado de mantenimiento de las instalaciones, del que se realizará un informe escrito.

BASE 29ª.- El contratista deberá reparar rápidamente y a su costa, cuantos desperfectos y averías se produzcan en las instalaciones.

Siempre que sea posible, las reparaciones se harán en la propia estación, excepto aquellas de especial importancia que requieran la sustitución de elementos complejos o el traslado de los elementos averiados a taller.

BASE 30ª.- Las reparaciones de elementos de la planta que impidan la continuidad del funcionamiento normal de ésta, se harán en el plazo máximo de 48 horas. Si se trata de elementos disponibles en el mercado y no pueden repararse en el plazo citado, serán reemplazados de manera provisional por otros similares en tanto se repara el averiado, previa conformidad de los Servicios Técnicos del Ayuntamiento y a cargo del contratista.

Si hubiera imposibilidad de reparar o sustituir la máquina averiada en el plazo citado, el contratista se atenderá estrictamente a lo que ordenen los Servicios Técnicos del Ayuntamiento, procediendo en todo caso con la mayor diligencia.

Capítulo 7. MEJORAS Y APLICACIONES

BASE 31ª.- El contratista podrá proponer toda clase de mejoras a su costa durante la vigencia del contrato, y el Servicio Técnico del Ayuntamiento será libre para aceptarlas o no. En el caso de su aceptación, no producirán modificación del respectivo canon, aun cuando den lugar a economías en los gastos de mantenimiento, conservación o explotación.

Capítulo 8. INSPECCIÓN Y VIGILANCIA

BASE 32^a.- El contratista adjudicatario deberá atender con toda solicitud a cuantas órdenes dicten los Servicios Técnicos del Ayuntamiento, a cuyo fin existirá en la Estación un libro de órdenes foliado, firmado y sellado por la Dirección de dichos Servicios, a los cuales podrá acudir el contratista en caso de disconformidad con alguna orden dentro del plazo máximo de 24 horas.

BASE 33^a.- Para la debida comprobación del cumplimiento de las condiciones de este Pliego de Bases y de las órdenes del Servicio Técnico del Ayuntamiento, éste designará los técnicos que crean convenientes, dando cuenta de ello por escrito al contratista

Capítulo 9. GASTOS POR CUENTA DEL CONTRATISTA

BASE 34^a.- Además de todos los gastos necesarios para el cumplimiento de lo establecido en este Pliego de Bases, serán también por cuenta del contratista los que se originen por el montaje, desmontaje y retirada de cualquier clase de instalaciones, los de protección de materiales, seguridad tanto de personas al servicio de la planta como visitantes, como equipos e instalaciones, daño e incendio; los de conservación y reparación de caminos, jardines, pasarelas y desagües; los que afecten a la limpieza general de la planta, los ocasionados por la corrección de las deficiencias que se pongan de manifiesto en las inspecciones, ensayos y pruebas sobre la marcha de la instalación y el estado de sus elementos.

También serán a costa del contratista, todos los gastos de teléfono, luz, agua y similares de las edificaciones e instalaciones adscritas a los servicios concedidos y de las nuevas aportadas por el concesionario, así como tributos e impuestos que legalmente sean exigibles a la concesión, así como aquellos otros que lo sean en el futuro. En especial, será a costa del adjudicatario, el canon de control de vertidos a satisfacer al Organismo Regulador.

Asimismo, serán de cuenta del contratista, los gastos ocasionados por la suscripción de la póliza de seguro de responsabilidad civil con una cobertura mínima de 500.000,00 euros por siniestro y patronal para cada anualidad. Esta póliza deberá suscribirse durante el primer mes de prestación del servicio.

De igual modo, deberá asegurarse la depuradora contra incendios, robos, vandalismo, rayos, inundaciones y demás contingencias asegurables, con una póliza de seguro de multirriesgo de 600.000 euros.

Además, el concesionario será responsable de las sanciones impuestas por la Confederación Hidrográfica por la realización de vertidos irregulares, salvo que se acredite la imposibilidad de evitar el vertido, bajo las condiciones de la instalación e infraestructuras existentes.

BASE 35^a.- Serán también de cuenta del contratista los gastos de otorgamiento del contrato de adjudicación, incluso los correspondientes impuestos, los de anuncios y los de cuantos recargos o impuestos sean inherentes a la prestación del servicio y tramitación de documentos que a él se refieran incluso los del Impuesto del Valor Añadido (IVA).

Capítulo 10. ANEXO I

ANEXO I. RESUMEN CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EDAR

DATOS GENERALES AÑO ACTUAL

CAUDALES

- Caudal medio horario: 146 m³/h
- Caudal medio diario: 2.190 m³/d

CONTAMINACIÓN

- Concentración media DBO: 700 mg/l
- Concentración media sólidos en suspensión: 200 mg/l

RESULTADOS A OBTENER

AGUA DEPURADA

- Sólidos en suspensión < 35 mg/l
- DBO₅ < 25 mg/l
- DQO < 125 mg/l
- pH 6,5-7,5
- Nitrógeno total < 15 mg/l
- Fósforo total < 2 mg/l

FANGOS

- Sequedad (% en peso S. secos) > 25 %
- Estabilidad (% en peso S.V) < 40 %

Las características principales del efluente, siempre y cuando las del influente no rebasen las previstas en la BASE 3ª, serán las siguientes:

Parámetro/Sustancia, Valor medio diario, Valor diario máximo, Valor Unidad Carga

pH 5,5-9,5 Ud. pH

MES* 35 mg/l 4,26 g/s 368,55 Kg/d

DBO5* 25 mg/l O2 3,05 g/s 263,25 Kg/d

DQO* 125 mg/l O2 15,23 g/s 1316,25 kg/d

Amonio* 10 Mg/l N 1,22 g/s 105,3 kg/d

* Los valores máximos instantáneos no superarán el 50% de los valores medios diarios.

En cualquier caso, los valores serán en todo momento los establecidos en la Resolución de Autorización de Vertido otorgada por la Confederación Hidrográfica.

LÍNEA DE AGUA

- **PRETRATAMIENTO**
 - DESBASTE
 - Reja de finos: luz y espesor barrotes 6 mm.
 - Dimensión: 0,3m x 0,3m
 - TAMIZADO
 - Tamiz rotativo de 0,7 CV de potencia.
 - Diámetro: 0,75m. Longitud: 0,368m.
 - DESENGRASADOR
 - Tipo API
 - Dimensión: 2,3m x 1,15m x 13,41m
 - Balsa de Homogeneización
 - Volumen de la balsa: 342m³

- Longitud: 15,10m. Anchura: 7,55m

- TRATAMIENTO PRIMARIO
 - Diámetro: 11,96m. Profundidad: 3,25m

- TRATAMIENTO SECUNDARIO
 - Digestor biológico aerobio
 - Anchura: 9,52m. Longitud: 28,55m.
 - Tratamiento de fangos activos
 - Oxigenación: 8 turbinas. Potencia total: 177,58 CV.
 - Balsa anóxica previa: 23,28m x 11,64m. Profundidad: 6m.
 - Balsa anóxica posterior: 12,70m x 19,05m. Profundidad: 4m.
 - Balsa de re-aireación final: 3,49m x 5,23m. Profundidad: 4m
 - Aireación para balsa final: 2 turbinas. Potencia total: 12,67 CV
 - Decantador: Diámetro: 15,24m. Profundidad: 4m
 - Tratamiento de coagulación, floculación y decantación
 - Arqueta de coagulación: 1,56m x 1,56m
 - Arqueta de floculación: 3,49 m x 3,49m
 - Decantador: Diámetro: 15,24m. Profundidad: 4m

LÍNEA DE FANGOS

- ESPEPAMIENTO
 - Espesamiento por gravedad. Diámetro: 2,71m. Profundidad: 1,04m
 - Espesamiento por flotación: Diámetro: 3,66m. Profundidad: 8,25m

- ESTABILIZACIÓN
 - Digestor aerobio: Longitud: 23,32m. Anchura: 23,32m.

- DESHIDRATACIÓN
 - Deshidratación centrífuga. Diámetro: 0,33m. Longitud: 1,01m.
 - Drenaje de centrífuga a cabecera de planta.

EQUIPOS DE CONTROL

- Medición agua tratada con registro y totalización en panel.
- Medidores de oxígeno disuelto en tratamiento biológico con registro en panel.

SERVICIOS AUXILIARES

- Línea de aire de servicio.
- Línea de agua de servicio.
- Riego de la zona ajardinada

ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

- Sistema de transporte y acometida en A.T.
- TRANSFORMACIÓN: mediante C.T. de 250 KVA. Tipo interior, medida en A.T y distribución de la energía eléctrica.
- Sinóptico de proceso
- ESTACIÓN OPERADORA (AUTÓMATA) con PC e impresora en la sala de control para manejo de los equipos de la EDAR.
- Insonorización del edificio de aire, mediante silenciadores de celdillas y cerramiento de ladrillo absorbentes.

EDIFICIOS

- Edificio de bombeo de agua bruta, laboratorio y sala de reactivo, de 109,5 m² de superficie total.
- Edificio del C.T., soplantes para aire de proceso, deshidratación de fangos, taller y sala de C. eléctricos, de 165 m² de superficie total.

- Edificio principal, de dos plantas, la superior para sala de control y la inferior para servicios y vestuarios, de 40,50 m² de superficie total.
- Edificio de fangos y aire de servicio, de 27,8 m² de superficie total