



Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales

Máster Oficial en Gestión Integral del Agua

2019 – 2020

Trabajo de fin de máster del Perfil profesional:

**Memorias de prácticas profesionales en Departamento de Agua,
Empresa Chiclana Natural S.A.**

Presentado por **Craudy Norori Roque** para la obtención del título de
Máster en Gestión Integral del Agua por la Universidad de Cádiz.

Tutor profesional y académico

Dr. Jesús Barragán Sánchez

Puerto Real, a 13 de julio de 2020

Datos personales del alumno

DNI: C01376257

Nombre y apellidos: Craudy Norori Roque

Teléfono de contacto: 695 66 39 34

Dirección de correo electrónico: craudy.nororiroque@alum.uca.es

Datos de tutor académico

Nombre y apellidos: Dr. Jesús Barragán Sánchez

Centro, facultad o institución: Línea de investigación de fotobiodepuración de aguas residuales

Datos de la empresa

Nombre de la empresa / institución: Chiclana Natural S.A.

Dirección de la empresa / institución: Calle Plaza España s/n, Chiclana de la Frontera 11130

Nombre del tutor profesional: Dr. Jesús Barragán Sánchez

Datos de prácticas

Fecha de inicio: 17/02/2020

Fecha de finalización (inicial): 16/05/2020

Prórroga (si/no): No


Fecha de finalización (definitiva): 16/05/2020



**MÁSTER EN GESTIÓN INTEGRAL
DEL AGUA**

D./Dña **Jesús Barragán Sánchez**, Tutor Académico del alumno/a **Craudy Esperanza Norori Roque** en el Curso 19/20 da su Visto Bueno a la presentación de la Memoria del Perfil Profesional titulada: **Prácticas profesionales en Departamento de Agua, Empresa Chiclana Natural S.A.**

Y para que conste y surta los efectos oportunos firmo el presente en el Campus de Puerto Real a 12 de julio de 2020.

Visto Bueno


Fdo: **JESÚS BARRAGÁN SÁNCHEZ**

Índice

ABREVIATURAS.....	1
1. RESUMEN	2
2. ABSTRACT	2
3. DESCRIPCIÓN DE LA ENTIDAD Y DE SUS ACTIVIDADES.....	3
4. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE TRABAJO	6
4.1 CRONOGRAMA DE TRABAJO	7
4.2 ACTIVIDADES FORMATIVAS.....	8
4.2.1 Lectura de los documentos relacionados con las actividades a realizar	8
4.2.2 Entrevistas.....	17
4.3 VISITA A INFRAESTRUCTURA.....	17
4.4 ELABORACIÓN DE PROPUESTAS PARA LA GESTIÓN DE EXPLOTACIÓN Y	
MANTENIMIENTO DE LAS EDARs.	18
4.4.1 Propuesta de pliego de prescripciones técnicas para contratación de servicios de	
explotación y mantenimiento de las EDARs.....	18
4.4.2 Propuesta de pliego de cláusulas administrativas para contratación de servicios de	
explotación y mantenimiento de las EDARs.....	20
4.4.3 Propuesta de instrumento de seguimiento operativos para las Estaciones de	
Bombeo de Aguas Residuales que se encuentra al interior en las EDARs.....	21
4.4.4 Propuesta de instrumentos de seguimiento operativo para las Estación Depuradora	
de Aguas Residuales.	24
4.4.5 Cálculo de costes estimados de explotación y mantenimiento de la EDAR El Torno	
y EDAR La Barrosa.....	28
5. COMENTARIO CRÍTICO DE ACTIVIDADES REALIZADAS	36
6. CONCLUSIONES Y VALORACIÓN FINAL	37
7. BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN	39
8. ANEXOS.....	42

Abreviaturas

DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EBAR	Estación de Bombeo de Aguas Residuales
EDAR	Estación Depuradora de Aguas Residuales
EMAS	Empresas Municipales de Agua y Saneamiento
E-PRTR	Pollutant Release and Transfer Register (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes)
EyM	Explotación y Mantenimiento
FIDIC	Federación Internacional de Ingenieros Consultores
IDCB	Indicador de Disponibilidad de la Capacidad de Bombeo
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización)
IGF	Índice Gravimétrico de Fangos
IVA	Impuesto del Valor Añadido
IVF	Índice Volumétrico de Fangos
MLSS	Sólidos Suspendidos en Licor de Mezcla
MLVSS	Sólidos Suspendidos Volátiles en Licor de Mezcla
SS	Sólidos suspendidos
N _T	Nitrógeno total
P _T	Fósforo total
spp	Especies
UFC	Unidad Formadora de Colonias
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
UTE	Unión Temporal de Empresas
V ₃₀	Medida de control básica para primera aproximación de comportamiento del fango activo
WWTPs	Wastewater Treatment Plants (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales)

1. Resumen

Las prácticas profesionales se realizaron en el Departamento de Agua de la empresa Chiclana Natural S.A., quien es la empresa municipal responsable de la gestión del ciclo integral del agua y medio ambiente del ayuntamiento de Chiclana de la Frontera.

Las actividades se desarrollaron alrededor de la gestión del saneamiento, específicamente en la explotación y mantenimiento de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales El Torno y La Barrosa, ambas ubicadas en la ciudad de Chiclana de la Frontera. Se trabajó en tres ejes:

- Propuesta de pliegos de contratación de servicios de explotación y mantenimiento de las EDARs.
- Propuesta de instrumentos de seguimiento operativo.
- Cálculo de costes estimados de explotación y mantenimiento de las EDARs.

También estas prácticas constituyen una visión más amplia de las legislaciones del país y su implementación en la gestión integral de las aguas.

2. Abstract

The professional practices were carried out in the Water Department of the Chiclana Natural S.A. Company, which is the municipal company for the management of the integral water and environment cycle of the Chiclana de la Frontera city council.

The activities were developed around the management of sanitation, specifically in the operation and maintenance of the El Torno and La Barrosa Wastewater Treatment Plants (WWTPs), both located in the city of Chiclana de la Frontera. It worked on three axes:

- Proposal of specifications for contracting services for the operation and maintenance of WWTPs.
- Proposal for operational monitoring instruments.
- Calculation of estimated costs of exploitation and maintenance of WWTPs.

Also, these practices constitute a broader vision of the country's legislation and its implementation in comprehensive water management.

3. Descripción de la entidad y de sus actividades

Chiclana Natural S.A. es una empresa pública perteneciente al Ayuntamiento de Chiclana de la Frontera, siendo su constitución en el año de 1987 con el nombre de Aguas de Chiclana, lo que llevo a la reconversión en sociedad mercantil anónima del antiguo Servicio Municipalizado de Aguas.

En su primera etapa de funcionamiento, su objetivo fue la gestión del abastecimiento del agua a la población. Posteriormente se le incorporó el alcantarillado sanitario y la depuración de las aguas residuales. En el año 2001 se le sumó la gestión de residuos urbanos, limpieza viaria y de zonas verdes, así como práctica totalidad de las competencias medioambientales de la Delegación municipal de medio ambiente.

La organización de la empresa Chiclana Natural S.A. se representa en la figura 1, correspondiente al organigrama general [7].

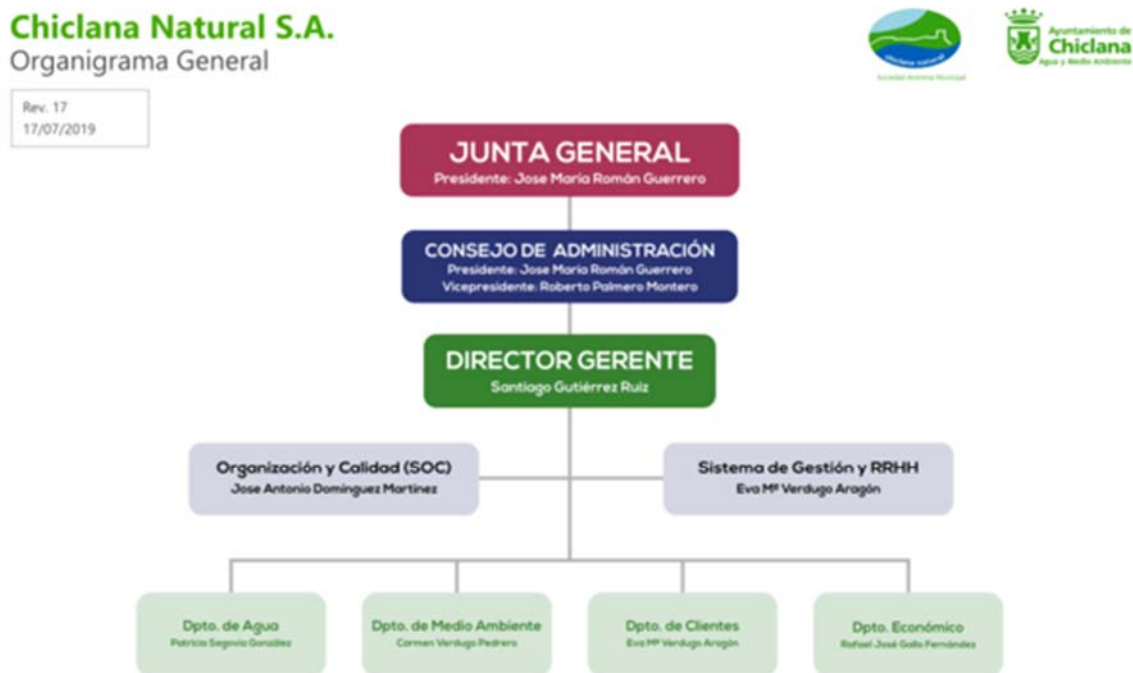


Figura 1: Organigrama general de la Empresa Chiclana Natural S.A. revisado en el año 2019.

Actualmente cuenta con un equipo humano integrado por 69 personas en los distintos departamentos, comprometidas con el objetivo fundamental de la política de calidad de la empresa, la cual es “*la satisfacción del ciudadano*”. Para ello se acredita los certificados de calidad según la norma ISO-9001, y en gestión medioambiental según la norma ISO-14001, gestión de riesgos, gestión de crisis y EMAS.

Entre sus actividades durante el *Ciclo integral del agua* se encuentra [6]:

- El abastecimiento, la responsabilidad de distribuir el agua que llega desde la red del Consorcio de Agua de la Zona Gaditana a los distintos domicilios que cuentan con suministro en la ciudad. Para ello se cuenta con tres depósitos y con una red de tuberías que superan los 429 kilómetros de longitud.
- El saneamiento, encauzado y recolección de las aguas fecales en la red de colectores dispuestas al efecto hasta ser llevadas a las dos estaciones depuradoras del municipio. La red de alcantarillado (fecales y pluviales) superan los 589 kilómetros de longitud que están repartidos entre el casco urbano en la ciudad y la zona costera de La Barrosa. Además de impulsar las aguas residuales por el entramado de canalizaciones del municipio funcionan un total de 20 estaciones elevadoras.
- La depuración, se cuenta con dos estaciones depuradoras, una de ellas en el casco urbano (El Torno), que se puso en marcha en 1986, y la segunda en la costa (La Barrosa), donde se iniciaron sus actividades en 1991. Actualmente, la gestión y mantenimiento de ambas estaciones depuradoras están subcontratadas con la empresa Aqualia. En la figura 2 se representa la delimitación del municipio de Chiclana de la Frontera y en la figura 3 se indica la ubicación de las EDARs dentro de la ciudad.

Entre sus actividades para la *Gestión de medio ambiente* se encuentra [6]:

- La gestión de residuos, existen diversos servicios definidos tanto por la forma de recogida como por los materiales que se recogen, así como diversas instalaciones destinadas al tratamiento de los mismos, como los puntos limpios.
- La gestión de parques y jardines, mantener las zonas verdes existentes, realizando aquellas mejoras necesarias, incluyendo crear nuevos espacios, distribuidos por todo el municipio.

- La gestión del medio natural se desarrolla sobre espacios naturales que no sean gestionados por la Comunidad Autónoma o por el Gobierno Central, y sobre especies de flora o fauna.
- La limpieza viaria, se realiza para mantener unos niveles óptimos de limpieza y salubridad en las calles y sitios públicos.
- La información y educación, para informar sobre las acciones que los diferentes servicios están realizando, así como hacer partícipe a los usuarios, de forma directa o indirecta, para fomentar la conciencia ambiental.
- En las playas, se gestiona el mantenimiento de las instalaciones, equipamientos, zonas verdes, recreativas y juegos infantiles, así como la limpieza de arenas, viarios y gestión de residuos. Las playas cuentan con los galardones Bandera Azul, Q de Calidad e ISO 14001 y Ecoplayas.

Adicionalmente brinda los servicios de atención a clientes, y tiene el departamento económico – administrativo, que incluye las áreas de contabilidad, compras, asesoría jurídica, entre otros.

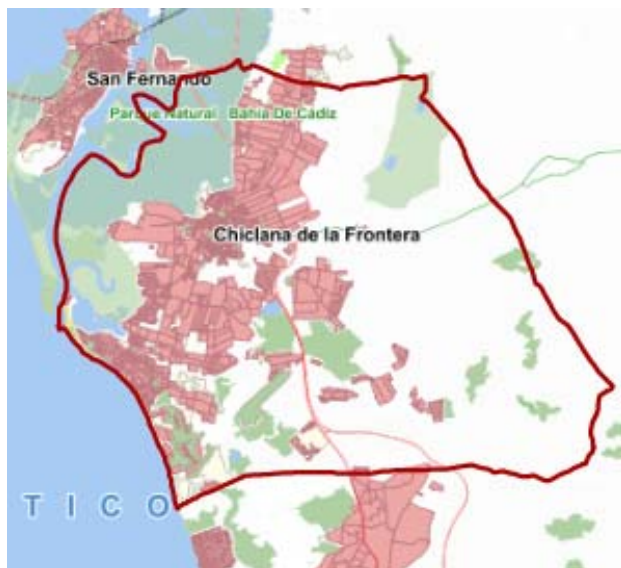


Figura 2: Delimitación municipal.

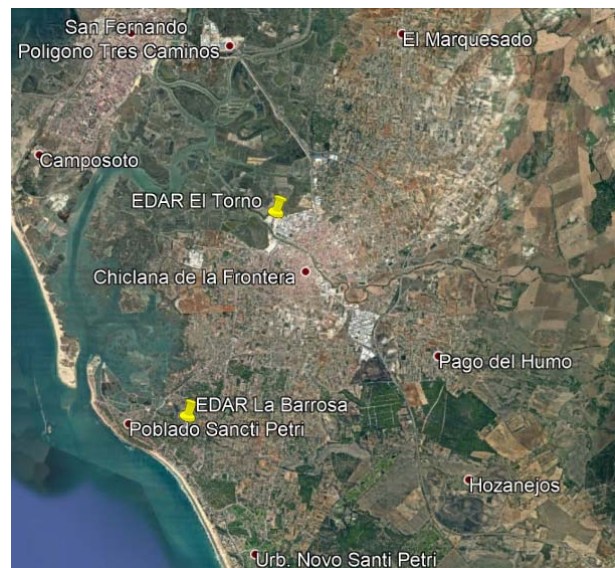


Figura 3: Vista satelital de ubicación de EDAR El Torno y EDAR La Barrosa.

4. Descripción del programa de trabajo

El objetivo principal es realizar una propuesta de gestión para contribuir a la sostenibilidad de explotación y mantenimiento de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales El Torno y La Barrosa, administradas por la empresa Chiclana Natural S.A. En anexos, la figura 5 y figura 6 se muestran las vistas satelitales de las instalaciones y el entorno de dichas EDARs, y en las figuras 7 y 8 se indica el esquema de las infraestructuras existentes.

Para lograr el objetivo se desarrolló el programa de trabajo donde se dan a conocer los aspectos indicados en la figura 4 que se muestra a continuación:



Figura 4: Información necesaria para realizar propuesta de gestión de explotación y mantenimiento de EDAR.

4.1 Cronograma de trabajo

En la tabla 1 se detalla un resumen de las actividades realizadas durante el período de prácticas profesionales, tomando en cuenta que a partir del viernes 13 de marzo se decretó el estado de alarma en España.

Tabla 1: Cronograma de actividades realizadas

Semanas	Actividades
S1: 17/02 – 21/02	Estudio de información referente a las EDARs (pliego de contratación, contrato actual y propuesta del proyecto All-gas).
S2: 24/02 – 28/02	Estudios de informes mensuales de explotación y mantenimiento de las EDARs El Torno y La Barrosa, correspondiente al año 2019. Estudio de la autorización de vertidos.
S3: 02/03 – 06/03	Recorrido por EDAR La Barrosa. Inicio de redacción del documento pliego de prescripciones técnicas: características del agua a tratar, descripción de infraestructura existente y elaboración de esquemas de EDARs. Análisis de Inventario de equipos e instalaciones de ambas EDAR.
S4: 09/03 – 13/03	Lectura de legislación relacionada con contratos del sector público, reales decretos sobre la protección de salud y la seguridad de los trabajadores, normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas y reutilización de las aguas depuradas.
S5: 16/03 – 20/03	Lectura de legislación relacionada con gestión de residuos, protección en atmósferas potencialmente explosivas y desinfección sanitaria. Lectura de ejemplos de pliegos de contratos de servicios de explotación y mantenimiento en instalaciones similares. Lectura de libro oro (Condiciones para contratación de proyectos de diseño, construcción y operación) y libro rojo (Condiciones de contratación para la construcción para trabajos de ingeniería y edificación proyectados por el cliente), ambos de la FIDIC.
S6: 23/03 – 27/03	Redacción de pliego de prescripciones técnicas (Parámetros a evaluar, obligaciones del adjudicatario y obligaciones de Chiclana Natural S.A.).

Semanas	Actividades
S7: 30/03 – 03/04	Redacción de cláusulas administrativas particulares (Fiscalización, forma de abono, sanciones, condiciones administrativas y criterios de selección).
S-: 06/04 – 10/04	Semana santa.
S8: 13/04 – 17/04	Elaboración de propuesta de formato de seguimiento operativo para EBARs que se encuentra al interior en las EDARs.
S9: 20/04 – 24/04	Elaboración de propuesta de formato de seguimiento operativo para EDAR.
S10: 27/04 – 01/05	Redacción de datos de explotación de EDARs para incluir en propuesta de pliego de prescripciones técnicas. Definición del contenido mínimo de los informes rutinarios.
S11: 04/05 – 08/05	Lectura del convenio colectivo estatal del ciclo integral del agua. Investigación de costes de analíticas, gestión de fangos, reactivos, entre otros.
S12: 11/05 – 16/05	Definición de personal que labora en EDARs. Elaboración de costes estimado de operación y mantenimiento de EDARs. Recorrido por EDAR El Torno.

4.2 Actividades formativas

4.2.1 Lectura de los documentos relacionados con las actividades a realizar

Se realizó la lectura de las siguientes documentaciones y se extrajeron los datos esenciales para la redacción de las propuestas de los pliegos de contratación de servicios de explotación y mantenimiento de las EDARs, así como los instrumentos de seguimiento y el cálculo de costes de explotación y mantenimiento.

- a) Información referente a las EDAR generadas por Chiclana Natural S.A.
 - Pliego de contratación correspondiente a la operación a partir del año 1993.
 - Propuesta de proyecto All-gas, que modifica el contrato vigente.
 - Contrato actual, vigente a partir del año 2014.

- Inventario de equipos e instalaciones EDAR El Torno y EDAR La Barrosa.

De ellos se extrajeron los antecedentes para la descripción de la infraestructura existente, las ampliaciones realizadas por el proyecto All-gas, las características del agua a tratar, condiciones de rendimientos, obligaciones del contratista, obligaciones del contratante, personal requerido, forma de pago del servicio, sanciones y condiciones administrativas. Así como de los inventarios de los equipos e infraestructura instalada en ambas EDARs, se utilizó la información para el análisis de costes de mantenimiento preventivos y correctivos.

- b) Informes mensuales de explotación y mantenimiento de las EDARs, de enero a diciembre correspondientes al año 2019 elaboradas por empresa a cargo de este servicio [17].

Se extrajeron los datos operativos vigentes de explotación, como los caudales, calidad de agua bruta y agua tratada, volumen de residuos generados, volumen de fangos deshidratados, volumen producido de biogás, consumo de reactivos y consumo de energía.

- c) Resolución de modificación de autorización de vertidos al dominio público marítimo terrestre y reutilización de las aguas depuradas de Chiclana de la Frontera, éste se divide en 3 partes:
 - Condiciones de autorización de vertido de aguas residuales.
 - Condiciones de autorización de aguas depuradas en campos de golf y jardines públicos.
 - Condiciones de autorización de reutilización de aguas depuradas en cultivo industrial de algas.

Se extrajeron datos del plan de vigilancia y control de las normas de emisión, como los límites del vertido (caracterización de la calidad del agua y volumen autorizado a verter), frecuencia de analíticas, comunicación del seguimiento, puntos de control y, sistemas de medición de caudal y otros parámetros; como se indica en la tabla 2 a la tabla 8 [9].

Tabla 2: Valores límites de emisión diarios de vertidos de aguas residuales depuradas

Parámetros	Valor límite de emisión en concentración (mg/L)	Porcentaje mínimo de reducción
DBO ₅	25	70
DQO	125	75
SS	35	90
N _T	15	80
P _T	2	70

Tabla 3: Periodicidad de parámetros de control de vertido de aguas residuales urbanas

Tipo de análisis	Parámetro	Frecuencia
Análisis simplificado ¹	Caudal, SS, pH, DBO ₅ , DQO	5 días a la semana
	Nitrógeno total y Fósforo total	Mensual de octubre a mayo. Quincenal de junio a septiembre.
Análisis completo	Aceites y grasas, tensioactivos aniónicos, nitratos, nitritos, amonio, ortofosfato, AOX, cloroformo, ftalato de bis, fenoles, fluoruros y cianuros totales	Trimestral
	Metales: mercurio, cadmio, cinc, cobre, níquel, plomo y cromo total	Trimestral
	Lindano, PCB's, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y sulfuros	Trimestral
	Resto de parámetros PRTR	Anual

¹ Se analizará tanto el agua de entrada como a la de salida de la EDAR.

Tabla 4: Seguimiento de las condiciones establecidas en la autorización de vertidos

Frecuencia	Concepto
Mensual ²	Informes de vigilancia y control de las normas de emisión
Anual ³	Declaración anual de vertidos, junto a: <ul style="list-style-type: none"> - Informe de vigilancia y control de medio receptor. - Informe de vigilancia y control estructural. - Informe de control de vertidos a la red de saneamiento.

Tabla 5: Valores máximos admisibles para parámetros característicos de las aguas regeneradas

Parámetros				
Nematodos intestinales	<i>Escherichia coli</i>	S.S	Turbidez	<i>Legionella spp</i> ⁴
1 huevo/10 L	200 UFC / 100 mL	20 mg/L	10 UNT	100 UFC/L

Tabla 6: Frecuencia mínima de muestreo y análisis de las aguas regeneradas

Usos	Parámetros				
	Nematodos intestinales	<i>Escherichia coli</i>	S.S	Turbidez	<i>Legionella spp</i>
Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos y similares)	Quincenal	2 veces a la semana	Semanal	2 veces a la semana	Mensual

Tabla 7: Valores máximos admisibles para parámetros característicos de las aguas regeneradas para el cultivo experimental de microalgas

Valores máximos admisibles			
Nematodos intestinales	<i>Escherichia coli</i>	S.S	<i>Legionella spp</i>
1 huevo/10 L	10.000 UFC / 100 mL	35 mg/L	100 UFC/L

² Corresponde a la empresa que brinde el servicio de explotación y mantenimiento de las EDARs.

³ Corresponde a la empresa Chiclana Natural S.A.

⁴ Sólo se medirá si existe riesgo por aerosolización.

Tabla 8: Frecuencia mínima de muestreo y análisis de las aguas regeneradas para el cultivo experimental de microalgas

Frecuencias mínimas de análisis			
Nematodos intestinales	<i>Escherichia coli</i>	S.S	<i>Legionella spp</i>
Quincenal	Semanal	Semanal	Cada 2 meses

d) Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del sector público se obtuvo la siguiente información considerada la más relevante y se incluyó en la propuesta de los pliegos de contratación [26]:

- El tipo de contrato: concesión de servicios, el derecho de explotación de los servicios objetos del contrato. (Arto. 15).
- El plazo de duración del contrato y ejecución de la prestación: plazo máximo de 5 años, incluyendo las posibles prórrogas, o no exceder 10 años para prestaciones de servicios sanitarios. Excepcionalmente para los contratos que se exija el período de recuperación de las inversiones directamente relacionadas con el contrato. (Arto. 29, inciso 4).
- La exigencia y régimen de la garantía provisional: el importe no podrá ser superior a un 3 por 100 del presupuesto base de la licitación del contrato. (Arto. 106, inciso 2).
- La exigencia de la garantía definitiva: a disposición del órgano de contratación una garantía de un 5 por 100 del precio final ofertado, excluidos el impuesto sobre el valor añadido, y en casos especiales alcanzar la garantía total de un 10 por 100 del citado precio (Arto. 107).
- El contenido del pliego de cláusulas administrativas particulares: se incluirán los criterios de solvencia y adjudicación del contrato, las consideraciones sociales, laborales y ambientales que como criterios de solvencia, de adjudicación o como condiciones especiales de ejecución se establezcan; los pactos y condiciones definidores de los derechos y obligaciones de las partes del contrato; la previsión de cesión del contrato, la obligación del adjudicatario de cumplir las condiciones salariales de los trabajadores conforme al Convenio Colectivo sectorial del aplicación. (Arto. 122).
- La definición de determinadas prescripciones técnicas: aquella especificación en la que se definan las características exigidas de un servicio, como por ejemplo los niveles de

- calidad, los niveles de comportamiento ambiental y climático, el diseño para todas las necesidades y la evaluación de la conformidad, el rendimiento, la utilización del producto, su seguridad o sus dimensiones; así mismo los requisitos aplicables a pruebas y métodos de pruebas, así como los procedimientos de evaluación de la conformidad. (Arto. 125, inciso 4b e inciso 5, y 126).
- La penalidad para el incumplimiento parcial o cumplimiento defectuoso: estas penalidades deberán ser proporcional a la gravedad del incumplimiento y las cuantías de cada una de ellas no podrá ser superiores al 10 por ciento del precio del contrato, IVA excluido, ni el total de las mismas superar el 50 por cien del precio del contrato. (Arto. 192)
 - La indemnización de daños y perjuicios causados a terceros: será obligación del contratista indemnizar todos los daños y perjuicios que se causen a terceros como consecuencia de las operaciones que requiera la ejecución del contrato. (Arto. 196).
 - El pago por el servicio contratado: la administración tendrá la obligación de abonar el precio dentro de los treinta días siguientes a la fecha de aprobación de los documentos que acrediten la conformidad con lo dispuesto en el contrato de servicios. (Arto. 198).
 - El tipo de contrato de la administración pública: según su objetivo y naturaliza las obras son de conservación y mantenimiento. (Arto. 232).
 - El contenido de los proyectos y responsabilidad derivada de la elaboración (tomando en cuenta posibles ampliaciones y puesta en marcha de proyectos pilotos de investigación): una memoria en la que se describa el objeto de las obras, antecedentes y situación previa a las mismas, las necesidades a satisfacer y la justificación de la solución adoptada; los planos de conjunto y de detalles necesarios para que las obras queden perfectamente definida; el pliego de prescripciones técnicas particulares; un presupuesto, integrado o no por varios parciales; un programa de desarrollo de los trabajos o plan de obra de carácter indicativo; las referencias de todo tipo en que se fundamentará el replanteo de la obra; el estudio de seguridad y salud; y cuanta documentación venga prevista en normas de carácter legal. (Arto. 233).
 - La recepción y plazo de garantía: a la recepción de las obras y a su terminación; el plazo de garantía se establecerá en el pliego de cláusulas administrativas particulares

atendiendo a la naturaleza y complejidad de la obra y no podrá ser inferior a un año salvo casos especiales. (Arto. 243).

- Pliego y anteproyecto de obra y explotación: los aspectos a hacer referencia en los pliegos de cláusulas administrativas particulares y de prescripciones técnicas, al menos, son los siguientes: definición del objeto del contrato; fijación de las condiciones de prestación del servicio; regulación de la distribución de riesgos entre la administración y el concesionario en función de las características particulares del servicio; definición de los requisitos de capacidad y solvencia financiera, económica y técnica que sean exigibles a los licitadores; y prevención de posibilidad que se produzca la cesión del contrato. (Arto. 285).
- Las causas de resolución del contrato de concesión de servicios: entre varias causas destacan la declaración de insolvencia en cualquier procedimiento, el mutuo acuerdo entre la administración y el contratista, la demora en el cumplimiento de los plazos por parte del contratista, la demora en el pago por parte de la administración por un plazo superior a seis meses, el incumplimiento de la obligación principal del contrato, la ejecución declarada desierta, y la demora superior a seis meses por parte de la administración en la entrega al concesionario de la contraprestación. (Arto. 211 y 294).

e) Normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas:

- Real decreto – Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas [22].
- Real decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas [36].
- Real decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas [35].
- Decreto 109/2015, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Vertidos al Dominio Público Hidráulico y al Dominio Público Marítimo-Terrestre de Andalucía. [10].

Lo más destacado en estas normas, están indicadas también en el documento de autorización de vertido.

f) Reutilización de las aguas depuradas:

- Real decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas [32].

Lo más destacado en estas normas, están indicadas también en el documento de autorización de vertido.

g) Para la gestión de residuos: Se indicó en el pliego de prescripciones técnicas que esta actividad corresponderá al contratista y deberá de tomar en cuenta las siguientes legislaciones:

- Real decreto 1566/1999, de 8 de octubre, sobre los consejeros de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable [30].
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. Destacando las siguientes disposiciones Arto. 17 “Obligaciones del productor u otro poseedor inicial relativas a la gestión de residuos”, Arto. 18 “Obligaciones del productor u otro poseedor inicial relativas al almacenamiento, envasado y etiquetado de residuos” y Arto. 25 “Régimen de los traslados de residuos en el interior del territorio del Estado” [25].
- Decreto 73/2012, de 20 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía. Destacando las siguientes disposiciones, Arto. 42 “Traslado de residuos en el interior del territorio del Estado” y Arto. 103 y 104 del Capítulo V “Fangos residuales de depuradoras” [8].
- Real decreto 180/2015, de 13 de marzo, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado [29].

h) Legislación sobre la protección de salud y la seguridad de los trabajadores; lo cual forma parte de las obligaciones del contratista:

- Decreto 8/1995, de 24 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de desinfección, desinsectación y desratización sanitarias [11].

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Destacando Arto. 16 "Evaluación de los riesgos", Arto. 17 "Equipos de trabajo y medios de protección" y Arto. 22 "Vigilancia de la salud" [21].
- Real decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas [31].
- Real decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo [33].
- Real decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo [34].
- Real decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis [37].
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales [23].

i) Modelos de contratos estándares:

- Libro oro "Condiciones para contratación de proyectos de diseño, construcción y operación" [19].
- Libro rojo "Condiciones de contratación para la construcción" [18].
 Contiene los documentos tipo de carta de oferta, acuerdo contractual y acuerdo de resolución de conflictos.

j) Convenio colectivo estatal del ciclo integral del agua.

- Resolución de 16 de septiembre de 2019, de la Dirección General de Trabajo, por la que se registra y publica el VI Convenio colectivo estatal del ciclo integral del agua (2018 - 2022). Destacando Arto. 29 - 42 "Estructura retributiva y complementos salariales" [38].

4.2.2 Entrevistas

Se realizó una serie de entrevistas a Jesús Barragán Sánchez, en diferentes momentos, para indagar sobre los detalles técnicos y administrativos de la gestión de las EDAR El Torno y EDAR La Barrosa. Entre ellas:

- Sus consideraciones sobre obligaciones por parte del contratista que deberían ser incluidas a partir de la experiencia de gestión actual.
- Detalles de la administración general de las EDARs, entre ellas el personal que labora y su organización para los turnos, los servicios que se subcontratan (vigilancia, jardinería, limpieza, control de *legionella*, fumigación), entre otros.
- Detalles sobre la gestión de fangos digeridos, los porcentajes correspondientes a agricultura y a compostaje.

4.3 Visita a infraestructura

El día miércoles 04 de marzo se realizó visita a Estación Depuradora de Aguas Residuales La Barrosa. Se hizo un recorrido por cada una de las etapas de la EDAR, contrastando la descripción técnica de los documentos de pliego de contratación, contrato actual y propuestas de inversiones planificadas para el proyecto All-gas con la infraestructura actualmente instalada. Esta EDAR tiene que punto de vertido el Arroyo Carajolilla, cuyas aguas se dirigen a la marisma de Cádiz y San Fernando [9]. En anexos, la figura 9 y figura 10 se muestran fotos tomadas durante la visita.

El día miércoles 01 de julio se realizó visita a Estación Depuradora de Aguas Residuales del Torno, la cual se realizó una vez que ha finalizado el estado de alarma en España. Durante la visita se comprobó cada una de las etapas de tratamientos con las modificaciones y ampliaciones realizadas, según se indicó en el documento de pliego de prescripciones técnicas, también se hizo un recorrido por las diferentes etapas del proyecto All-gas. Además se observó los diferentes equipos instalados, así como sus funcionamientos. Esta EDAR tiene como punto de vertido el Río Iro, cuyas aguas se dirigen a la marisma de Cádiz y San Fernando [9]. En anexos, la figura 11 y figura 12 se muestran fotos tomadas durante la visita.

4.4 Elaboración de propuestas para la gestión de explotación y mantenimiento de las EDARs.

4.4.1 Propuesta de pliego de prescripciones técnicas para contratación de servicios de explotación y mantenimiento de las EDARs.

En anexos, en la figura 13 se puede observar la portada del documento, donde se incluyeron los siguientes capítulos:

1. Objeto del pliego: se definen los alcances del pliego, las áreas de servicio, los objetivos generales y una descripción resumida de las responsabilidades.
2. Características del agua a tratar: se especifica el caudal de tratamiento y concentraciones de los parámetros de calidad del agua.
3. Descripción y localización de las infraestructuras: Se detalla las instalaciones existentes en cada una de sus etapas, su diagrama de flujo y localización.
4. Índices y condiciones sobre los rendimientos: se enumeran los indicadores, parámetros y metas a cumplir como [2, 9]:
 - a) Indicador de disponibilidad de la capacidad de bombeo.
 - b) Indicador general de monitoreo (eficiencia de consumo eléctrico, horas de mantenimiento, volumen de residuos, incidencias, personal operativo, entrenamiento de personal).
 - c) Parámetros de vertidos procedentes de las EDARs (según normativas y autorización de vertidos).
 - d) Parámetros durante los procesos en las EDARs.
5. Obligaciones del adjudicatario: se puntualizan las prestaciones y especificaciones generales que se deberá realizar por el contratista como:
 - a) Gestión gerencial, administrativa de los recursos humanos e inventarios.
 - b) Gestión técnica, operativa y de mantenimiento.

- c) Obligaciones contractuales esenciales.
 - d) Evaluación y gestión de medidas a corto, mediano y largo plazo.
 - e) Preparación de informes y planes.
 - f) Personal requerido del adjudicatario.
 - g) Condiciones de montaje de instalaciones experimentales.
6. Obligaciones de Chiclana Natural S.A.: se exponen los requerimientos que se deberán cumplir por parte de la empresa contratante, como:
- a) Remuneración al adjudicatario.
 - b) Disponibilidad de personal de operación.
 - c) Entrega de instalaciones, información de equipos.
 - d) Suministro eléctrico y de agua potable.
7. Comunicación y coordinación: se delimita cuáles son los medios de comunicación y quienes será los enlaces de coordinación entre las partes.
8. Recepción y entrega de las instalaciones: se establecen los protocolos a seguir para la recepción y entrega de las instalaciones por ambas partes.
9. Auditoría independiente: se explica que un OCA puede realizar una auditoría independiente para comprobación de los resultados cualitativos y cuantitativos de los parámetros y condiciones de las EDARs o emitir cualquier otra opinión técnica solicitada.
10. Información disponible: se detalla cuál es la información que está disponible para el adjudicatario (planos y documentos técnicos).
11. Anexos
- Anexo 1: Imágenes de las instalaciones de ambas EDARs.
 - Anexo 2: Datos de Explotación de ambas EDARs [17].
 - Anexo 3: Informes e instrumentos de seguimiento operativo que se requieren por parte del adjudicatario.

4.4.2 Propuesta de pliego de cláusulas administrativas para contratación de servicios de explotación y mantenimiento de las EDARs.

En anexos, en la figura 14 se puede observar la portada del documento, donde se incluyeron los siguientes capítulos:

1. Legislación aplicable: se enlista la legislación que es aplicable a este contrato.
2. Objetivo de la contratación: se establece el tipo de contrato, la duración del contrato y la formalización de dicho contrato.
3. Fiscalización del contrato: se definen diversos mecanismos por los cuales la empresa Chiclana Natural S.A. podrá realizar las medidas de supervisión, inspección y vigilancia que estimen convenientes.
4. Forma de abono del servicio: se detallan los conceptos del abono al servicio:
 - a) Medios financieros para alcanzar los objetivos de la contratación.
 - b) Los conceptos de la remuneración.
 - c) Gastos por cuenta del adjudicatario.
 - d) Gastos por cuenta de Chiclana Natural S.A.
 - e) Retribución del adjudicatario.
 - f) Revisión de la retribución del adjudicatario.
 - g) Ajuste debido a la construcción de nuevas infraestructuras en las instalaciones de las EDARs.
 - h) Garantía definitiva.
 - i) Forma de pago.
 - j) Recuperación de la inversión.
5. Sanciones al adjudicatario y procedimiento de verificación: se describen los tipos de deficiencias y faltas, así como la sanción para cada una de ellas.
6. Condiciones administrativas: se puntualizan condiciones que deberá cumplir el adjudicatario durante la ejecución del contrato.

7. Manejo de disputas: se delimitan el procedimiento de resolución de toda controversia y cuestión litigiosas que se genere y no se pueda solucionar de forma amigable.
8. Rescisión del contrato: se concretan los escenarios donde se podría ejecutar la rescisión del contrato.
9. Criterios de selección cualitativa: se explican los requerimientos para clasificación de los adjudicatarios, así como las condiciones de solvencia económica y financiera, también de solvencia técnica o profesional que se deben de cumplir para poder participar en la licitación; se incluye los escenarios donde la participación sea como UTE.
10. Sobre el concurso: se exponen detalles de la garantía provisional, la presentación de proposiciones, y la apertura de plicas y adjudicación del concurso.

4.4.3 Propuesta de instrumento de seguimiento operativos para las Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales que se encuentra al interior en las EDARs.

Se ha tomado en cuenta que debe de realizarse el registro de caudal, registro energético, registro de evacuación de basura, los planes de mantenimientos preventivos y correctivos, y el cumplimiento de los planes de mantenimiento. El objetivo es garantizar que las EBARs, así como para los diferentes equipos electromecánicos que se encuentra al interior de las EDARs se garantice su adecuado funcionamiento, para ello también se propone el “Indicador de Disponibilidad de la Capacidad de Bombeo” (IDCB), según se indica en tabla 9, y el registro en cual parte del equipo de bombeo se realizan los mantenimientos, como se indica en la tabla 10, de manera que se pueda prever futuras sustituciones de parte y/o de los equipos completos de forma justificada y no por omisiones de mantenimiento atribuibles al contratista. En la tabla 11, se muestra la propuesta de reporte consolidado que deberá de entregar el contratista.

Tabla 11: Reporte consolidado de explotación y mantenimiento de EBARs internas en EDARs

Descripción general

Número de contrato	EBAR	Cantidad de bombas	Caudal de bombeo		Filosofía de control
			L/s	m ³ /d	

Indicadores generales

Estación	Días de operación	Volumen Bombeado	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo bajo operación normal	Mantenimiento correctivo atribuible al contratista
	días/mes	m ³ /mes	hr/mes	hr/mes	hr/mes

Estación	Índice de Capacidad de Bombeo	Consumo de energía		Eficiencia energética	V. de sólidos y arena removido		Incidentes de derrames
	%	Kwh/mes	Kwh/día	Kwh/m ³	Arena m ³	Sólidos m ³	
							No./mes

Estación	Personal O&M	Volumen de descarga externa		Capacitación personal	Facturación	Indicador costo O&M
			m ³ /mes	No. Días/ mes	€	€/m ³
			%			
			%			

Estación	No. Actividades Mantenimiento Preventivo	Cumplimiento Mantenimiento Preventivo
	No./mes	%

Aspectos relevantes a ser mencionados durante el mes

4.4.4 Propuesta de instrumentos de seguimiento operativo para las Estación Depuradora de Aguas Residuales.

Se ha tomado en cuenta que debe de realizarse los siguientes seguimientos, en la tabla 12 se muestra el Reporte consolidado de explotación y mantenimiento de EDARs:

1. El registro de caudales: los cuales deberán de realizar diariamente, restando los caudales de licores de retornos de las diferentes etapas (como la deshidratación de los fangos).
2. Los análisis de calidad del afluente y efluente de vertido: además de los parámetros indicados en la autorización de vertido se tomarán en cuenta otros parámetros como pH, conductividad eléctrica, sólidos sedimentable y grasas, los cuales pueden afectar el proceso de depuración.
3. El cálculo de remoción de los parámetros indicados en la legislación: los cuales se harán para el global de la EDAR y por cada etapa de tratamiento, de tal forma que se pueda detectar un proceso que este experimentando déficit de eficiencia en la EDAR.
4. Los análisis de calidad del agua regenerada: los cuales deben de ser los parámetros indicados en la autorización de vertido por cada punto autorizado a brindar esta agua regenerada.
5. La calidad del agua tratada, eficiencia de remoción y parámetros operacionales por etapa de tratamiento: además de las concentraciones de los parámetros y eficiencias que se calculan a nivel global, se incluirá los parámetros operaciones. Para los decantadores se incluirá la velocidad ascensional, para el tratamiento biológico se incluirá V_{30} , MLSS, MLVSS, IVF, IGF, oxígeno disuelto, carga másica y edad de fango.

6. El volumen, concentración y volátiles en las diferentes etapas de tratamiento de fangos: para fangos primarios, fangos en exceso, fangos en mutiflo, entrada de digestor y entrada de espesador, para fangos deshidratados se debe de incluir el % de sequedad y el retiro del fango.
7. La producción de biogás para EDAR EL Torno: incluido en sus diferentes etapas, en digestor, caldera, antorcha y gasinera.
8. La producción de biodiesel para EDAR El Torno: llevar control de la producción de biodiesel y el despacho a los diferentes vehículos.
9. El registro de residuos generados: en las diferentes etapas como pretratamiento (desbaste, arenas, grasas), flotantes y prensa.
10. La cantidad de reactivos utilizados: en las diferentes etapas como en tratamiento para eliminación de fósforo ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), tratamiento terciario (NaClO) tratamiento de desodorización (NaClO y NaOH), y acondicionamiento de fango para la deshidratación (polielectrolitos).
11. El registro energético: se deberá de llevar el registro diario de energía consumida.
12. El plan de mantenimiento preventivo: se deberá de indicar el área, el equipo, la actividad a realizar, la frecuencia de ejecución y con calendario donde se indique la fecha que corresponde dicha actividad.
13. El cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo: se deberá de indicar la cantidad de actividades programadas, la cantidad de actividades realizadas y el % de cumplimiento. Así como la justificación y reprogramación de las actividades que se hubieran incumplido.

Tabla 12: Reporte consolidado de explotación y mantenimiento de EDARs

Descripción general

Número de contrato	Tipo de tratamiento 1	Tipo de tratamiento 2	Caudal de diseño

Descripción de línea de agua	Descripción de línea de lodo	Descripción de línea de biogás	Descripción de línea de aguas regeneradas

Indicadores generales

Días de operación y monitoreo		Días de Paro de EDAR		Días Cumplimiento Efluente			Días y parámetro Incumplimiento Afluente				Días y parámetro Incumplimiento Efluente						
Caudal procesado		Caudal no procesado		Caudal regenerada			Carga DBOs procesada		Carga DQO procesada		Carga de SST procesada						
m ³ /mes	m ³ /d	m ³ /mes	m ³ /d	m ³ /mes	m ³ /d	Kg/mes	Kg/d	Kg/mes	Kg/d	Kg/mes	Kg/d						
Carga de NT procesada		Carga de PT Procesada		% Remoción			Fango procesado (m ³)			TRDigestores	Biogás						
Kg/mes	Kg/d	Kg/mes	Kg/d	DBO ₅	DQO	SST	NT	PT	Prim.	Exceso	M.flow	Diges.	Espes.	Deshid.	Días	Nm ³ /d	% CH ₄
Generación de Biodiesel		Consumo de energía		% Cumplimiento Plan Mtto Preventivo			No. De Actividades de Mtto Preventivo		No. De Actividades de Mtto Correctivo		Facturación	Indicador Coste	Indicador Energía				
		Kwh/mes									€	€/m ³	Kwh/m ³				
							Programadas										
							Ejecutadas										

Calidad de afluente y efluente de vertido

Parámetro	UM	Tipo de muestra	Frecuencia	Afluente	Efluente	Legislación	Observaciones
DBO ₅							
DQO							
SS							
NT							
PT							

N.D.: No Detectado

N.R.M.: No se Realizo Muestreo

(Continuación de Tabla 12: Reporte consolidado de explotación y mantenimiento de EDARs)

Calidad de aguas regeneradas

Descripción	Nematodos intestinales	<i>Escherichia coli</i>	Sólidos en suspensión	Turbidez	Legionella Spp	Observaciones
Unidad de medida						
Valores meta						
Valores agua regenerada						

Equipos y áreas de procesos funcionando en línea de agua

Equipos	Rejas	Desarenador / Desengrasadores	Decant. primarios	Tratamiento biológico	Soplantes	Bombas de sal férrica	Decant. Secundarios	Multi flow	Biostyl	Bombeo a T. terciario	Filtros T.T.	Reacto r T.T.	Bombeo A. Regeneradas
Operación													
Stand by													

Equipos y áreas de procesos funcionando en línea de fangos y desodorización

Equipos	Bombas F. Primarios	Bomb. Recirculación Biológico	Bombas F. Secundarios	Digestores aeróbicos	Sopladores Digestión Aeróbica	Espesadores de gravedad	Bombas de filtros bandas	Quemado de gas	Torres de desodorización
Operación									
Stand by									

Aspectos relevantes a ser mencionados durante el mes

--

Lo anterior debe de incluirse en el informe mensual, que deberá tener como contenido mínimo:

- Reporte consolidado de la explotación y mantenimiento de EBAR y EDAR.
- Las características generales del proceso.
- Los incumplimientos de autorización de vertido.
- La información de las estaciones de bombeo al interior de las EDARs.
- Plan de mantenimiento preventivo a ejecutarse.
- Informe mensual de cumplimiento de los mantenimientos preventivos y mantenimientos correctivos realizados.
- Incidencias.
- Tablas de resultados mensual y anual de EDAR global y por unidad de tratamiento.
 - ✓ Datos de afluente y efluentes (Global y por unidad de tratamiento).
 - ✓ Datos de línea de fangos.
 - ✓ Datos de línea de gas.
 - ✓ Datos de línea de agua regenerada.
- Consumos de energía.
- Generación de biodiesel
- Generación de residuo.
- Consumo de reactivos.
- Informe de analíticas de laboratorio.

4.4.5 Cálculo de costes estimados de explotación y mantenimiento de la EDAR El Torno y EDAR La Barrosa.

Se ha realizado tomando en cuenta varios aspectos, y se ha realizado un consolidado como se indica en la tabla 13, y a continuación de dicha tabla se profundiza sobre cada los criterios para cada aspecto. En anexos, en la figura 15 se puede observar la portada de este documento.

Tabla 13: Formato de coste estimado de explotación y mantenimiento

Descripción		Costes fijos		Costes variables		Total	
		%	(€/a)	%	(€/a)	%	(€/a)
1	Administración general						
1.1	Personal						
1.2	Asistencia técnica y formación						
1.3	Servicios generales						
1.4	Seguro						
1.5	Gastos varios						
2	Operación normal						
2.1	Gestión de fangos						
2.2	Operación						
2.3	Analíticas						
2.4	Otros						
3	Mantenimiento regular						
3.1	Equipos electromecánicos						
3.2	Obra civil						
3.3	Vehículos						
3.4	Consumibles de mantenimiento						
4	Mantenimiento correctivo						
4.1	Equipos electromecánicos						
4.2	Obra civil						
5	Higiene y seguridad en el trabajo						
5.1	Equipos de protección individual						
5.2	Material de limpieza						
5.3	Prevención de riesgos						
5.4	Chequeos médicos						
6	Dosificación de reactivos						
6.1	Reactivos						
7	Productos consumibles						
7.1	Consumibles de oficina						
7.2	Consumibles de operación						
8	Consumo de energía eléctrica						
8.1	Energía eléctrica*						
9	Consumo de agua potable						
9.1	Agua potable*						
	Σ						
	Gastos generales						
	Beneficio industrial						
	Fondo de sustitución de equipos						
	Total (Sin IVA)						

*Coste asumido directamente por Chiclana Natural S.A.

1. La administración general: engloba al recurso humano, asistencia técnica y formación, los servicios generales a contratar, el seguro de responsabilidad civil de la EDAR y gastos varios, como se detalla en la tabla 14.

Para el cálculo del personal para EDAR El Torno se hizo en base a un jefe de planta, un responsable del proyecto All-gas, tres oficiales de mantenimiento, cinco operadores y un analista de laboratorio tomando como referencia el convenio colectivo [38]. Según sus funciones se le asigna una categoría, un salario base, el plus del convenio, complemento de puesto de trabajo, gratificación extraordinaria de verano, gratificación extraordinaria de navidad, pago por antigüedad, plus de nocturnidad, plus de turnicidad, plus de guardia, plus por retén, tiempo de intervención, kilometraje y plus de festivos especiales. De manera similar, se realizó el cálculo del coste del personal para EDAR La Barrosa.

Tabla 14: Costes de administración general de EDAR

No.	Categoría	Descripción	U.M.	Cantidad	Coste mensual (€)	Coste anual (€)
1.1	Personal técnico directivo	Jefe de EDAR	unidad			
		Responsable All-Gas y línea de fangos y gas	unidad			
		Responsable de laboratorio	unidad			
		Oficial administrativo	unidad			
	Personal de explotación	Operadores	unidad			
		Supervisor de higiene y seguridad	unidad			
	Personal de mantenimiento	Mantenimiento	unidad			
		Oficial electrónico	unidad			
		Oficial mecánico	unidad			
	1.2	Asistencia técnica y formación	Técnico especialista en depuración de aguas residuales	unidad		
Técnico especialista en análisis de aguas residuales			unidad			
Asesoría laboral			unidad			
Técnico especialista en administración y gestión de EDAR			unidad			
1.3	Servicios generales	Vigilancia	Global			
		Jardinería	Global			
		Limpieza de edificios	Global			
		Revisiones anuales por OCA (inspección eléctricas y equipos a presión)	Global			
		Control de legionella	Global			
		Desratización, desinsectación, fumigación y desinfección	Global			
1.4	Seguro	Seguro de responsabilidad civil	unidad			
1.5	Gastos varios	Arbitrios y tasas	Global			
		Teléfonos, radiocomunicadores y correos	Global			

2. Operación normal: se divide en 4 subcategorías, como se indica en la tabla 15:
 - a) Gestión de fangos: aplicación agrícola directa o gestión hacia compostaje.
 - b) Operación: la gestión de residuos generados en el pre-tratamiento (desbaste, arenas y grasas) y el uniforme para el personal operativo.
 - c) Analíticas: se ha tomado en cuenta los análisis indicados en la autorización de vertido y los análisis que se requieren realizar para el seguimiento operativo en las diferentes líneas de tratamiento (línea de agua para vertido, línea de agua regenerada, línea de fango y línea de biogás). También se ha tomado en cuenta los análisis que se pueden realizar en el laboratorio propio de la EDAR y los análisis que requieren los servicios de un laboratorio externo.
 - d) Combustible: se toma en cuenta el combustible para desplazamiento de camión de mantenimiento, vehículo de supervisor, combustible para calderas en caso de usarse para calentamiento de fangos y/o grupo electrógenos.

Tabla 15: Costes de operación normal

No.	Categoría	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Coste unitario (€)	Coste mensual (€)	Coste anual (€)
2.1	Gestión de fangos	Servicio de gestión de fangos para agricultura	Tm				
		Servicio de gestión de fangos para compostaje	Tm				
2.2	Operación	Servicio de gestión de residuos	Tm				
		Uniformes para personal	unidad				
2.3	Analíticas	Laboratorio interno para análisis	Global				
		Laboratorio externo para análisis especiales	Global				
2.4	Combustible	Combustible	Gln				

3. Mantenimiento regular: se divide en 4 subcategorías, como se indica en la tabla 16, equipos electromecánicos, obra civil, vehículos y consumibles de mantenimiento [20].

Para el análisis de los equipos electromecánicos [12] y obra civil, se estudió el inventario de equipos e instalaciones en ambas EDAR, en el cual se describen los equipos, el fabricante, el modelo, el número de serie, potencia de motor, el año de instalación y otros datos de interés [4, 5]. Según el tiempo de

funcionamiento de los equipos, también el tipo y frecuencia de mantenimiento preventivo de los equipos va ajustándose, a mayor tiempo de funcionamiento se requiere mayor mantenimiento preventivo.

Para el análisis de mantenimientos de vehículos se hizo el estimado de recorrido mensual que tienen estos equipos.

Tabla 16: Costes de mantenimientos regulares

No.	Categoría	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Coste unitario (€)	Coste mensual (€)	Coste anual (€)
3.1	Equipos electromecánicos	Repuestos para equipos (bombas, motores, etc.)	unidad				
		Contrataciones exteriores para mantenimientos específicos	Global				
		Pintura para equipos electromecánicos	unidad				
		Análisis termográfico	unidad				
		Análisis de vibraciones	unidad				
		Análisis de lubricantes	unidad				
		Análisis físico-químico, de gases disueltos y de PCB del aceite	unidad				
3.2	Obra civil	Mantenimiento de urbanización	Global				
		Mantenimiento de pintura de elementos metálicos	Global				
		Mantenimiento de áreas verdes	Global				
		Mantenimiento de red vial	Global				
3.3	Vehículos	Mantenimiento de vehículos	km				
3.4	Consumibles de mantenimiento	Lubricantes para labores básicas	Gln				
		Grasas para engrases rutinarios	Gln				
		Pequeño material de ferretería	Global				
		Pintura	Gln				

4. Mantenimiento correctivo, reparaciones mayores, reemplazos e inversiones:

Para los mantenimientos correctivos dependerá de varias variables como si ese mantenimiento lo cubre la garantía, si ese mantenimiento correctivo es atribuible al contratista (lo cual se dará seguimiento a través del IDCB y los cumplimientos de mantenimientos preventivos) o si el equipo ya requiere de ese mantenimiento correctivo según el manual fabricante [27].

En el caso de reparaciones mayores, reemplazos e inversiones se ha indicado en la propuesta de pliego de prescripciones técnicas que el adjudicatario tendrá que evaluar medidas a corto, mediano y largo plazo, para garantizar la correcta y óptima operación. La justificación técnica – económica de estas medidas serán

presentadas a Chiclana Natural S.A. quien aprobará y/o propondrá las prioridades de las medidas a fin de garantizar los objetivos generales.

Con la Tabla 10 “Registro de horas de mantenimiento correctivo que impactan el IDCB” se logrará identificar cuál es el componente del equipo con más horas de mantenimiento y ayude a identificar que requiera reemplazo.

5. Higiene y seguridad en el trabajo: se abordan 4 subcategorías como equipos de protección individual, material de limpieza, prevención de riesgos y los chequeos médicos. En la tabla 17 se puede observar a detalle.

Tabla 17: Costes de higiene y seguridad en el trabajo

No.	Categoría	Descripción	U.M.	Cantidad de Operador/lugar	Frecuencia de cambio	Cantidad por operador	Coste unitario (€)	Coste mensual (€)	Coste anual (€)
5.1	Equipos de protección individual	Calzado de seguridad	pares						
		Botas impermeables	pares						
		Gafas de protección contra riesgos proyección partículas	unidad						
		Pantalla protección contra riesgos salpicaduras de productos químicos	unidad						
		Guantes de laboratorio	caja						
		Guantes de protección contra riesgos mecánicos	pares						
		Guantes de cuero	pares						
		Guantes de hule	pares						
		Mascarillas de filtro combinado para riesgo químico y biológico	unidad						
		Cascos para protección auditiva	unidad						
		Cascos de protección trabajos de carga equipos o maquinaria	unidad						
		Caretas soldador	unidad						
		Tapones auditivos	pares						
		Contenedor para sobrenadantes en agua bruta, decantada y tratada	unidad						
		Traje buzo protección química	unidad						
5.2	Material de limpieza	Jabón / Gel antiséptico	Gln						
		Alcohol gel	Gln						
		Repelentes de mosquitos	unidad						
		Detergente	unidad						
5.3	Prevención de riesgos	Evaluación de ruidos	unidad						
		Evaluación de riesgos químicos	unidad						
		Evaluación de riesgos biológicos	unidad						
		Formación en materia de seguridad y salud laboral	unidad						
		Extintores	juego						
		Conos	unidad						
		Rótulos de seguridad	unidad						
		Lampara de mano c/batería recargable y cargador	unidad						
5.4	Chequeo médico	Arnés de seguridad	unidad						
		Chequeo médico	unidad						
		Botiquín de medicamentos	unidad						

6. Dosificación de reactivos: se toman en cuenta los diversos reactivos que se utilizan en la línea de agua para eliminación de fósforo ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), tratamiento terciario (NaClO) tratamiento de desodorización (NaClO y NaOH) y acondicionamiento de fango para la deshidratación (polielectrolitos). Se analizó el consumo de reactivos reportados en los informes mensuales de explotación y mantenimiento. Para EDAR El Torno las variaciones mensuales de reactivos son relativamente pocas teniendo un máximo para el mes de agosto, comparando con las variaciones mensuales para EDAR La Barrosa donde las variaciones son mayores con una notoriedad en los meses de verano (junio a agosto) [17]. En la tabla 18 se indica un resumen de la tabla para costes de reactivos.

Tabla 18: Costes de reactivos

No.	Categoría	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Coste unitario (€/kg)	Coste mensual (€)	Coste anual (€)
6.1	Reactivos	Polielectrolito	Kg				
		NaClO	Kg				
		NaOH	Kg				
		$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	Kg				

7. Productos consumibles: se divide en las subcategorías consumibles de oficina y consumibles de operación, como se indica en la tabla 19.

Tabla 19: Costes de productos consumibles

No.	Categoría	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Frecuencia de cambio	Costo unitario (€)	Costo mensual (€)	Costo anual (€)
7.1	Consumibles de oficina	Papelería	resma					
		Lapiceros	unidad					
		Marcadores permanentes	unidad					
		Marcadores acrílicos	unidad					
		Resaltadores	unidad					
		Grapas	caja					
		Engrapadora	unidad					
		Fasteners	caja					
		Cuadernos	unidad					
		Libros de diario para bitácoras	unidad					
		Clips	caja					
		Maskintape	unidad					
		Tape sellador	unidad					
		Papel carbón t/c	caja					
		Pegamento	frasco					
		Folder	caja					
		Archivador t/c AMPO	unidad					
7.2	Consumibles de operación	Cafetera	unidad					
		Azúcar	bolsa					
		Café	bolsa					
		Papel higiénico	rollo					
		Escoba	unidad					
		Pala plástica	unidad					
		Cinta métrica de 5 m.	unidad					
		Carretilla de mano de una llanta	unidad					
		Rastrillo metálico	unidad					
Manguera plástica de 1/2" x 100 pie	unidad							

8. Consumo de energía eléctrica: se analizó el consumo eléctrico de explotación del año 2019, tomando en cuenta el consumo mensual, la energía reactiva, la energía activa y $\cos \varphi$ [17]. En la tabla 20 se indica el resumen de consumo de energía eléctrica:

Tabla 20: Costes de energía eléctrica

No.	Categoría	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (€)	Costo mensual (€)	Costo anual (€)
8.1	Energía eléctrica	Consumo de energía eléctrica	Kwh				

9. Consumo de agua potable: se analizó el consumo de agua potable de explotación del año 2019 [17], como se indica en la tabla 21:

Tabla 21: Costes de agua potable

No.	Categoría	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Coste unitario (€)	Coste mensual (€)	Coste anual (€)
9.1	Agua potable	Consumo de agua potable	m ³				

5. Comentario crítico de actividades realizadas

Todas las actividades realizadas se enfocaron en el objetivo de las prácticas profesionales y se logró realizar una complementación con los temas aprendidos durante las asignaturas del máster en gestión integral del agua.

El plan de trabajo fue adecuado en tiempo y forma, constituyendo un proceso de “aprendizaje paso a paso” desde entender el funcionamiento a detalle de las instalaciones, posteriormente estudiando la legislación referente tanto a temas técnicos como administrativos, que en el campo del ámbito laboral forman un conjunto, y a partir de ahí se puedan realizar las propuestas requeridas.

Cabe destacar que si el pasante proceder de otro país, varios términos técnicos y formas de trabajo son diferentes, ejemplo de ello son que las diferentes tecnologías implementada de depuración, el trabajo es más automatizado en España y tienen mayor número de normas, decretos y leyes que cumplir. En ese sentido el tutor profesional, como representante de empresa Chiclana Natural S.A., brindo toda la información disponible, resolvió las consultas que se realizaron y tuvo disponibilidad para guiar en las actividades. El ambiente laboral ha sido colaborativo, de compañerismo y ayuda mutua.

A pesar que durante la realización de las prácticas profesionales ocurrió una situación inusual, se decretó el estado de alarma a nivel nacional debido a la pandemia por el COVID-19, se lograron realizar las actividades planificadas.

6. Conclusiones y valoración final

Para realizar una propuesta de explotación y mantenimiento de una EDAR es necesario conocer como mínimo los siguientes aspectos:

- El funcionamiento de la tecnología de tratamiento existentes.
- La legislación vigente a cumplir.
- Los modelos de contratos estándar.

A partir de ello, se puede realizar:

- ✓ La propuesta de los pliegos de prescripciones técnicas y cláusulas administrativas para el servicio de contratación.
- ✓ La propuesta de los instrumentos de fiscalización a la explotación y mantenimiento.
- ✓ El cálculo estimado de los costes de explotación y mantenimiento.

Entre los principales logros alcanzados se tiene:

- Para la actividad de lectura de los documentos relacionados con las actividades a realizar (funcionamiento de EDARs, informes mensuales de explotación y mantenimiento, autorización de vertidos, legislación vigente a cumplir): se considera que complementa la formación teórica, si bien se tiene una previa experiencia en operación de EDAR y se había estudiado las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas durante el máster, el mayor aprendizaje adquirido está focalizado en el manejo de contratos del sector público, gestión de residuos, protección de salud y seguridad de los trabajadores y el convenio colectivo estatal del ciclo integral del agua.
- Para la actividad de visita a instalaciones de EDARs, se aprende de forma práctica como funciona cada etapa de tratamiento con las variaciones que tiene durante el día e inclusive las variables operativas a lo largo de un año, visualizando los principales cambios entre las estaciones de verano e invierno.

- Para la actividad de redacción de las propuestas de gestión para explotación y mantenimiento de las EDARs (pliegos de contratación del servicio, instrumentos de seguimiento operativo y cálculo de costes estimados), se logra implementar los aprendizajes aprendidos durante las prácticas profesionales y estudios de máster, se realizan varios documentos con el objetivo que se puedan tomar en cuenta y cumplir a corto plazo para una gestión más sostenible en las EDARs.

Entre los aspectos a destacar, agradezco la confianza depositada en mi persona para desarrollar las prácticas profesionales en torno a las EDARs, que constituye uno de los ejes principales de la empresa Chiclana Natural S.A. El trato humano fue muy amigable y a la vez disciplinado, me hicieron sentir que formaba parte del equipo de trabajo integrándome a las actividades previas al estado de alarma. El aprendizaje, no solamente fue técnico, también compartieron las experiencias de manejo de equipos de trabajo, desafíos y la manera en que lograron superarlos, su visión sobre el futuro del agua y saneamiento, entre otros temas que también son indispensables para un buen desempeño laboral.

Entre los aspectos a mejorar, considero que la extensión del tiempo de las prácticas es adecuada porque conlleva a involucrar al estudiante más con el ámbito laboral real y ayudarlo a prepararse para las exigencias reales del campo profesional.

La valoración final para las prácticas profesionales es que son muy adecuadas para la formación integral del estudiante y que la empresa Chiclana Natural S.A. colabora con ese objetivo.

7. Bibliografía y documentación

1. Andalucía información. (2017). *Aqualia convierte en combustible limpio las aguas residuales y algas · Chiclana*. <https://andaluciainformacion.es/chiclana/719852/aqualia-convierte-en-combustible-limpio-las-aguas-residuales-y-algas/>
2. BIWATER. (2019). *Reporte mensual de Operación y Mantenimiento de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de la ciudad de Managua Y Naves de Secado Solar*.
3. Castillo González, Isabel; Macías Miranda, Manuel; Cortacánsa Torre, J. A. (2016). *Proyecto constructivo de la estación depuradora de aguas residuales de Cangas de Morrazo*.
4. Chiclana Natural S.A. (2018). *Inventario equipos e instalaciones EDAR El Torno 2018*.
5. Chiclana Natural S.A. (2018). *Inventario equipos e instalaciones EDAR La Barrosa 2018*.
6. Chiclana Natural S.A. (2018). *Memoria anual 2018*.
7. Chiclana Natural S.A. (2020). *Sitio web de Chiclana Natural, S.A.* <https://chiclananatural.com/>
8. Consejería de medio ambiente. (2012). *Decreto 73/2012. Reglamento de residuos de Andalucía*. Boletín Oficial de La Junta de Andalucía, 74–225.
9. Consejería de medio ambiente y ordenación del territorio. (2007). *Resolución a la modificación de la autorización de vertidos al dominio público marítimo-terrestre de referencia AV-CA 08/97, y reutilización de las aguas depuradas, en el T.M. de Chiclana de la Frontera (Cádiz)*. (pp. 265–282).
10. Consejería de medio ambiente y ordenación del territorio. (2015). *Decreto 109/2015. Reglamento de vertidos al dominio público hidráulico y al dominio público marítimo-terrestre de Andalucía*. Boletín Oficial de La Junta de Andalucía.
11. Consejería de salud. (1995). *Decreto 8/1995. Reglamento de desinfección, desinsectación y desratización sanitaria*. Boletín Oficial de La Junta de Andalucía.
12. EPS Sedaloretto S.A. (2014). *Manual de mantenimiento electromecánico*.
13. Fan fauna Chiclana. (2016a). *¿Cómo se depuran las aguas?* - YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=iBRgEDgr6tQ>
14. Fan fauna Chiclana. (2016b). *FAN FAUNA CHICLANA 7- T1 (1/2)* - YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=ItP7G5-JV_8
15. Fan fauna Chiclana. (2016c). *FAN FAUNA CHICLANA 7- T1 (2/2)* - YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=KW7BNNpMEAY>

16. FCC Aqualia. (2017). *All-gas project's new demo phase* - YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=nB2A0HL6NwE&t=66s>
17. FCC Aqualia. (2019). *Enero a Diciembre 2019: Informe mensual de explotación y mantenimiento de EDARs El Torno y La Barrosa*.
18. Federación internacional de ingenieros consultores. (1999). *Libro Rojo: Condiciones de Contratación para la construcción para trabajos de ingeniería y edificación proyectados por el cliente*.
19. Federación internacional de ingenieros consultores. (2008). *Libro Oro: Condiciones para contratación de proyectos de diseño, construcción y operación*.
20. Guerrero Erazo, J., Salas Quintero, D., & Zapata, M. (2007). *Modelo de costos para el tratamiento de las aguas residuales en la región*. *Scientia et Technica*, 5(37), 591–596.
21. Jefatura del estado. (1995a). *Ley 31/1995. Prevención de Riesgos Laborales*. Boletín Oficial Del Estado, 269, 32590–32611.
22. Jefatura del estado. (1995b). *Real decreto - Ley 11/1995. Normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas*. Boletín Oficial Del Estado, BOE-312, 37517–37519.
23. Jefatura del estado. (2003). *Ley 54/2003. Reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales*. Boletín Oficial Del Estado, 298, 13 de diciembre, 44408 a 44415.
24. Jefatura del estado. (2007). *Ley 31/2007. Prodecimientos de contratación en los sectores del agua, la energía, los transportes y los servicios postales*. Boletín Oficial Del Estado.
25. Jefatura del estado. (2011). *Ley 22/2011. Residuos y suelos contaminados*. Boletín Oficial Del Estado, 181, 1–52.
26. Jefatura del estado. (2017). *Ley 9/2017. Contratos del Sector Público*. Boletín Oficial Del Estado, 1–266.
27. Jiménez, C. (2009). *Aplicación de nuevas técnicas de mantenimiento en un parque de maquinaria de un grupo de cimentaciones*.
28. Junta de Andalucía (2019). *Ficha municipal de Chiclana de la Frontera*. <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/ficha.htm?mun=11015>
29. Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. (2015). *Real Decreto 180/2015. Regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado*. Boletín Oficial Del Estado, 46, 21–23.

30. Ministerio de fomento. (1999). *Real decreto 1566/1999. El transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable*. Boletín Oficial Del Estado, 23963–23964.
31. Ministerio de industria y energía. (1996). *Real decreto 400/1996. Disposiciones relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas*. Boletín Oficial Del Estado, 19–23.
32. Ministerio de la presidencia. (2007). *Real decreto 1620/2007. Régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas*. Boletín Oficial de La Junta de Andalucía, 45.
33. Ministerio de la presidencia. (1997). *Real decreto 1215/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo*. Boletín Oficial Del Estado, 43620–43629.
34. Ministerio de la presidencia. (2003). *Real Decreto 681/2003. La protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo*. Boletín Oficial Del Estado, 23341–23345.
35. Ministerio de medio ambiente. (2007). *Real decreto 508/2007. Regula el suministro de información sobre emisiones del reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas*. Boletín Oficial Del Estado, 34635–34636.
36. Ministerio de obras públicas. (1996). *Real Decreto 509/1996. Normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas*. Boletín Oficial Del Estado, Nr.77, p.12038.
37. Ministerio de sanidad y consumo. (2003). *Real decreto 865/2003. Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis*. Boletín Oficial Del Estado, 28055–28069.
38. Ministerio de trabajo, migraciones y seguridad social. (2019). *VI Convenio colectivo estatal del ciclo integral del agua (2018-2022)*. Boletín Oficial Del Estado, 9 de julio de 2019, 36.

8. Anexos



Figura 5: Vista satelital del EDAR El Torno, Chiclana de la Frontera.



Figura 6: Vista satelital del EDAR La Barrosa, Chiclana de la Frontera

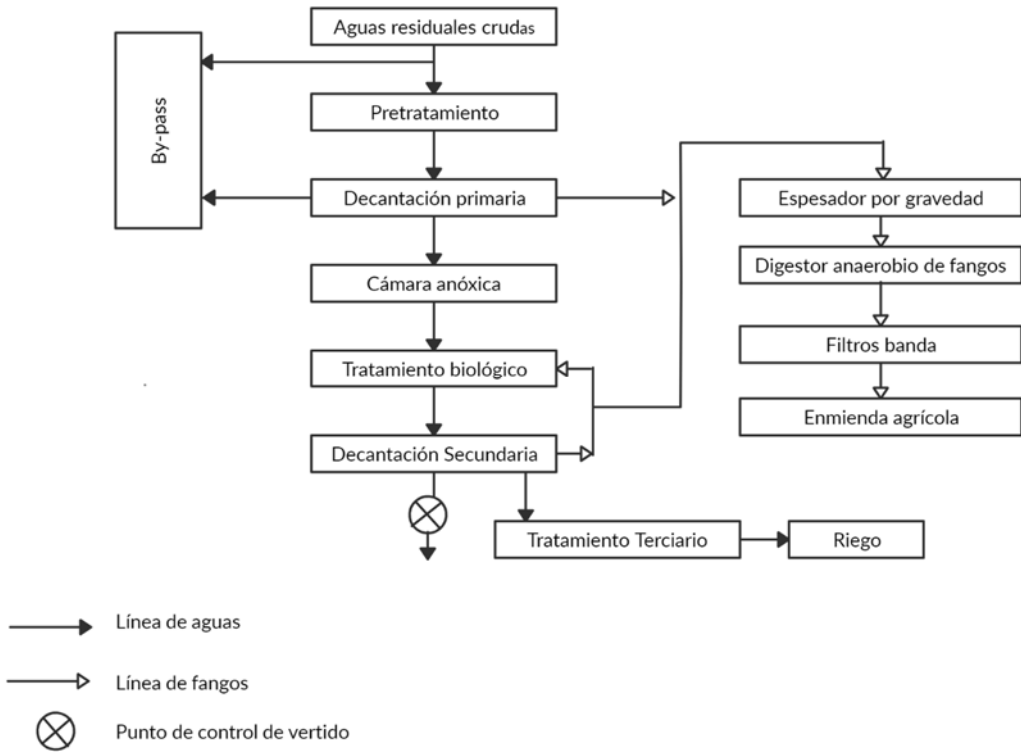


Figura 7: Esquema de instalación del EDAR El Torno, Chiclana de la Frontera

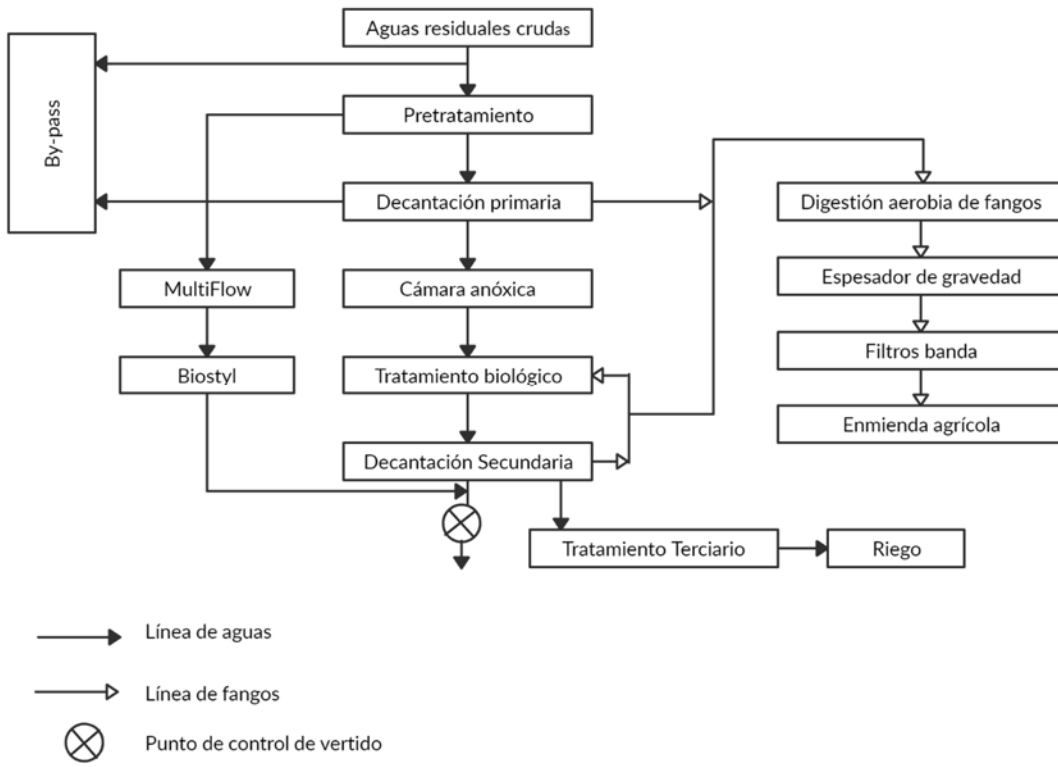


Figura 8: Esquema de instalación del EDAR La Barrosa, Chiclana de la Frontera



Figura 9: Recorrido por EDAR La Barrosa. Vista oeste de las instalaciones



Figura 10: Recorrido por EDAR La Barrosa. Vista de Sedimentador secundario, reactor biológico de fangos activos, sedimentador primario, edificio de pre-tratamiento y edificio de control.



Figura 11: Recorrido por EDAR EL Torno. Vista de sedimentador secundario.



Figura 12: Recorrido por EDAR EL Torno. Vista de lagunas para microalgas: raceways convencionales.

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

**EDAR EL TORNO
EDAR LA BARROSA**

CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE
EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO



Ayuntamiento de
Chiclana

Figura 13: Portada del “Pliego de prescripciones técnicas particulares”.

PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS PARTICULARES

EDAR EL TORNO
EDAR LA BARROSA

CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE
EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO



Ayuntamiento de
Chiclana

Figura 14: Portada del “Pliego de cláusulas administrativas particulares”.

Coste de EyM de EDAR El Torno y EDAR La Barrosa



Figura 15: Portada de documento “Costes de EyM de EDAR El Torno y EDAR La Barrosa”.