

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA



**Escuela Técnica Superior de Ingeniería
de Caminos, Canales y Puertos**



TITULACIÓN: MÁSTER EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

**PROYECTO BÁSICO DE ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS
RESIDUALES PARA EL LLANO, TÉRMINO MUNICIPAL DE SAN
TIRSO DE ABRES (ASTURIAS)**



DOCUMENTO Nº 1:

MEMORIA Y ANEJOS

AUTOR: Ángel López Piera

TUTOR: José Ferrer Polo

COTUTOR: Daniel Aguado García

Valencia, Julio 2018

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL

TOMO 1

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJO Nº 1.- REPORTAJE FOTOGRÁFICO

ANEJO Nº 2.- TOPOGRAGÍA

ANEJO Nº 3.- ÉSTUDIO DE POBLACIÓN, CARGAS Y CAUDALES

ANEJO Nº 4.- ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

APÉNDICES

APÉNDICE 1.- PLANOS

APÉNDICE 2.- SECCIONES TRANSVERSALES CRECIDA DE 100 AÑOS HEC-RAS

APÉNDICE 1.- SECCIONES TRANSVERSALES VÍA INTENSO DESAGÜE HEGRAS

ANEJO Nº 5.- ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

APÉNDICES

APÉNDICE 1.- PLANOS

ANEJO Nº 6.- GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

APÉNDICES

APÉNDICE 1.- PLANOS

ANEJO Nº 7.- DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL

ANEJO Nº 8.- DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

APÉNDICES

APÉNDICE 1.- CÁLCULO DE LA LÍNEA PIEZOMÉTRICA

ANEJO Nº 9.- DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL

APÉNDICES

APÉNDICE 1.- RESULTADOS ESTRUCTURA EDIFICIO INDUSTRIAL

APÉNDICE 2.- RESULTADOS ESTRUCTURA REACTOR BIOLÓGICO

APÉNDICE 3.- RESULTADOS ESTRUCTURA DECANTADOR SECUNDARIO

APÉNDICE 4.- RESULTADOS ESTRUCTURA ESPESADOR DE FANGOS

ANEJO Nº 10.- DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO

APÉNDICES

APÉNDICE 1.- EQUIPOS ELÉCTRICOS Y POTENCIAS

ANEJO Nº 11.- INSTRUMENTACIÓN, AUTOMATISMO Y CONTROL

TOMO 2

DOCUMENTO Nº 2: PLANOS

1.- PLANO DE SITUACIÓN Y UBICACIÓN

2.- LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

3.- EMPLAZAMIENTO

- 3.1.- PLANTA EDAR
- 3.2.- CATASTRAL

4.- ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES

- 4.1.- IMPLANTACIÓN Y URBANIZACIÓN
- 4.2.- CONDUCCIONES
- 4.3.- LÍNEA PIEZOMÉTRICA
- 4.4.- EDIFICIO INDUSTRIAL
- 4.5.- OBRA DE ENTRADA
- 4.6.- UNIDAD COMPACTA DE PRETRATAMIENTO
- 4.7.- REACTOR BIOLÓGICO Y DECANTADOR SECUNDARIO
- 4.8.- ESPESADOR DE FANGOS
- 4.9.- ARQUETAS DE MEDIDA DE CAUDAL
- 4.10.- ARQUETA DE SALIDA

DOCUMENTO Nº 3: PRESUPUESTO

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CUADRO DE PRECIOS 1

CUADRO DE PRECIOS 2

RESUMEN DE PRESUPUESTO

MEMORIA

ÍNDICE

1.-	INTRODUCCIÓN	6
1.1.-	OBJETO.....	6
1.2.-	MOTIVACIÓN PERSONAL.....	6
2.-	ANTECEDENTES	7
2.1.-	ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	7
2.2.-	ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS	7
3.-	DATOS DE PARTIDA Y BASES DE DISEÑO	8
3.1.-	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MUNICIPIO	8
3.1.1.-	Situación geográfica.....	8
3.1.2.-	Orografía	9
3.1.3.-	Hidrología	9
3.1.4.-	Climatología	10
3.1.5.-	Caracterización ambiental y cultural	10
3.2.-	POBLACIÓN Y EMPLEO.....	12
3.3.-	DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES.....	13
3.4.-	BASES DE DISEÑO	14
4.-	RESULTADOS A OBTENER.....	15
5.-	JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....	15
5.1.-	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	15
5.2.-	ALTERNATIVA A DESARROLLAR	15
5.3.-	UNIDADES DEL PROCESO.....	16
6.-	DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y DE LAS OBRAS DE LAS CONEXIONES EXTERIORES	16
6.1.-	TERRENOS DE LA EDAR.....	16
6.2.-	EMISARIO DE SALIDA.....	17
6.3.-	CAMINO DE ACCESO.....	17
6.4.-	MOVIMIENTO DE TIERRAS DE LA PARCELA	17
6.5.-	ACOMETIDA ELÉCTRICA.....	17
6.6.-	ACOMETIDA DE AGUA POTABLE	18
7.-	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	18
8.-	DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL.....	18

8.1.-	LÍNEA DE AGUA.....	18
8.1.1.-	Predesbaste y bombeo de cabecera.....	18
8.1.2.-	Pretratamiento.....	20
8.1.3.-	Tratamiento secundario.....	22
8.1.4.-	Medida de caudal de agua tratada.....	26
8.1.5.-	Arqueta de salida de agua tratada.....	26
8.2.-	LÍNEA DE FANGOS.....	27
8.2.1.-	Espesador de gravedad.....	27
8.2.2.-	Deshidratación.....	28
8.2.3.-	Almacenamiento y vertido de fangos.....	30
8.2.4.-	Desodorización.....	30
8.3.-	RED DE AGUA POTABLE.....	30
9.-	DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO.....	30
9.1.-	DATOS DE PARTIDA.....	30
9.2.-	LÍNEA PIEZOMÉTRICA.....	31
9.3.-	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS CONDUCCIONES.....	31
9.3.1.-	Línea de agua.....	31
9.3.2.-	Línea de fangos.....	32
9.3.3.-	Línea de sobredrenantes.....	32
9.3.4.-	Línea de aire biológico.....	33
10.-	DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL.....	33
10.1.-	MATERIALES.....	33
10.2.-	EDIFICIO INDUSTRIAL.....	34
10.3.-	DEPÓSITOS.....	34
11.-	DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO.....	34
11.1.-	CÁLCULO DE LA POTENCIA DE TRANSFORMACIÓN NECESARIA.....	34
11.2.-	CÁLCULO DEL EQUIPO DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.....	35
11.3.-	CÁLCULO DE CUADROS ELÉCTRICOS.....	36
12.-	INSTRUMENTACIÓN, AUTOMATISMO Y CONTROL.....	36
12.1.-	INSTRUMENTACIÓN.....	36
12.1.1.-	Línea de agua.....	37
12.1.2.-	Línea de fangos.....	37

12.2.-	AUTOMATISMO Y CONTROL	38
12.2.1.-	Centro de control.....	38
12.2.2.-	Estaciones remotas.....	39
13.-	PRESUPUESTO	40
14.-	CONCLUSIÓN	40

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Localización de El Llano en Asturias. Fuente: Wikipedia.</i>	8
<i>Figura 2. Modelo Digital del Terreno de la zona. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IGN.</i>	9
<i>Figura 3. Espacio de la Red Natura en la zona de estudio. Fuente: Visor del MAPAMA.</i>	10
<i>Figura 4. Reserva de la Biosfera del río Eo, Osco y Tierras de Burón, y panel informativo. Fuente: Visor MAPAMA, y elaboración propia, respectivamente.</i>	11
<i>Figura 5. Capillas de San Isidro (s. XVIII) y San Juan (s. XVII) e Iglesia de San Salvador (s. XVI).</i>	11
<i>Figura 6. Hórreos presentes en la zona. Fuente: Elaboración propia</i>	12
<i>Figura 7. Evolución de la población en el municipio de San Tirso de Abres en el período de 2018-2043. Elaboración propia a partir de datos del INE.</i>	12
<i>Figura 8. Evolución del empleo según sectores económicos para el período 2001-2015. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la SADEI.</i>	13
<i>Figura 9. Unidad de pretratamiento compacta TSF 3 S10 304/FE de SAVECO.</i>	22
<i>Figura 10. Soplante SEM.10 de MAPNER.</i>	24
<i>Figura 11. Preparador de polielectrolito POLIBASIC AP 8 de POLITECH.</i>	29
<i>Figura 12. Extractor centrífugo BABY 3 de PIERALISI.</i>	29
<i>Figura 13. Interfaz de un SCADA instalado en una EDAR.</i>	39

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Caudales de diseño EDAR El Llano.</i>	14
<i>Tabla 2. Cargas contaminantes de diseño para la EDAR de El Llano.</i>	14
<i>Tabla 3. Rendimientos mínimos de reducción de contaminación y límite de vertido asociado a la carga contaminante influente.</i>	15
<i>Tabla 4. Caudales de diseño EDAR El Llano.</i>	22
<i>Tabla 5. Cargas contaminantes de diseño para la EDAR de El Llano.</i>	23
<i>Tabla 6. Rendimientos mínimos de reducción de contaminación y límite de vertido asociado a la carga contaminante influente.</i>	23
<i>Tabla 7. Características del agua tratada en invierno en DESASS.</i>	24
<i>Tabla 8. Características del agua tratada en verano en DESASS.</i>	25
<i>Tabla 9. Producción de fangos en exceso en el decantador secundario en DESASS.</i>	25
<i>Tabla 10. Recirculación de fangos desde el decantador secundario a cabecera en DESASS.</i>	26
<i>Tabla 11. Producción de fangos espesados del espesador en DESASS.</i>	27
<i>Tabla 12. Caudales de diseño EDAR El Llano.</i>	31
<i>Tabla 13. Cotas de partida para el cálculo de la línea piezométrica.</i>	31
<i>Tabla 14. Línea piezométrica en elementos del proceso.</i>	31
<i>Tabla 15. Características tuberías de la línea de agua.</i>	32
<i>Tabla 16. Características tuberías de la línea de fangos.</i>	32
<i>Tabla 17. Características tuberías de la línea de sobredrenantes.</i>	32
<i>Tabla 18. Características tuberías de la línea de aire biológico.</i>	33
<i>Tabla 19. Potencias asociadas a cada cuadro eléctrico.</i>	35

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- OBJETO

El objeto del presente trabajo académico, denominado “*Proyecto básico de estación depuradora de aguas residuales para el Llano, término municipal de San Tirso de Abres (Asturias)*” es, como bien indica el título, la instalación de una planta depuradora en el municipio, concretamente en El Llano, la capital. Esta planta se proyecta pensando que va a dar servicio a El Llano, además de a una serie de núcleos rurales que se asientan en la cercanía del primero.

Se estudian con detenimiento los condicionantes y características asociados a dichos núcleos, y se evalúan diferentes alternativas, desarrollando una de ellas como solución final. Dicha solución deberá cumplir con los objetivos de rendimientos impuestos por el Plan Hidrológico de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico Occidental.

1.2.- MOTIVACIÓN PERSONAL

La principal motivación que me mueve a desarrollar este proyecto es que se trata en un trabajo real, llevado a cabo paralelamente en la empresa en la que estoy desarrollando mi primera etapa en la vida laboral, CONTROL Y GEOLOGÍA, S.A. (CYGSA).

El proyecto real, licitado por parte de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico bajo el título de “*Servicios de asistencia técnica para la redacción del proyecto de saneamiento y E.D.A.R. de El Llano. T.M. de San Tirso de Abres (Asturias)*”, comprende un volumen de trabajo mucho mayor al acotado por el presente trabajo académico. Dentro de éste, se están diseñando otras dos plantas, de menor tamaño en núcleos apartados de El Llano, además de los colectores que transportarán las aguas residuales.

Con el objetivo de diferenciar mi trabajo académico del proyecto real, la planta se diseña en otras parcelas diferentes, de modo que hay diferentes características que condicionan la solución final.

El hecho de desarrollar el trabajo de fin de máster una vez ya se ha comenzado a ejercer como ingeniero en alguna empresa, hace que éste sea más completo, además de que quede mejor estructurado. Esto viene propiciado por el contacto con proyectos reales, de los que te vas empapando poco a poco, y, sobre todo, por la transferencia de experiencia por parte de los compañeros de trabajo, que en mi caso concreto cuentan con una dilatada carrera en el ámbito de la ingeniería civil.

2.- ANTECEDENTES

2.1.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En la actualidad, algunos de los núcleos rurales situados en margen izquierda del río Eo a los que se pretende dar servicio con la ejecución de la estación depuradora de aguas residuales, en adelante EDAR, de El Llano, cuentan con redes de saneamiento. Estas redes convergen en tres diferentes puntos de vertido al río Eo, donde previamente han pasado por una arqueta que ejerce de decantador con la intención de minimizar los residuos que se vierten.

En el caso de El Llano, situado en la margen derecha, se cuenta con una pequeña planta, que consta de un reactor biológico de oxidación total, que trataba las aguas residuales antes de verterlas al río. Sin embargo, esta planta quedó obsoleta y fuera de servicio tiempo atrás, por lo que el vertido se produce directamente al río, sin ningún tipo de tratamiento.

El hecho de estar en estado de abandono propició que se reprodujeran diferentes especies de vegetación, llegando un momento en el que la zona que cubre la planta pasó a formar parte de la Zona de Especial Conservación (ZEC) del río Eo, con código ES1200023, de modo que se impide que la nueva planta pueda instalarse en las inmediaciones.

La antigüedad de la instalación existente y el deterioro de los equipos que dispone se encuentran en un estado de deterioro que impide que éstos puedan instalarse en la nueva planta.

El aprovechamiento de la planta instalada en El Llano se considera nulo, por lo que no se tiene en cuenta en el presente trabajo académico.

2.2.- ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

- El Boletín Oficial del Estado, de 19 de enero de 2016, que aprueba, entre otros, el Plan Hidrológico del Cantábrico Occidental, recoge los rendimientos mínimos de reducción que debería tener una nueva instalación de depuración en pequeños núcleos de población.
- El Boletín Oficial del Estado, de 31 de julio de 2017, recoge la resolución del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, por la que se anuncia licitación de Contratación de *SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO Y EDAR DE EL LLANO. T.M DE SAN TIRSO DE ABRES (ASTURIAS). CLAVE: N1.333-069/0311.*
- El Boletín Oficial del Estado, de 2 de diciembre de 2017, recoge la resolución del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, por la que se

anuncia la formalización del contrato de *SERVICIOS DE ASISTENCIA TÉCNICA PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO Y EDAR DE EL LLANO. T.M DE SAN TIRSO DE ABRES (ASTURIAS). CLAVE: N1.333-069/0311*, en favor del contratista, CONTROL Y GEOLOGÍA, S.A. (CYGSA).

3.- DATOS DE PARTIDA Y BASES DE DISEÑO

3.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MUNICIPIO

El Llano es una población que está situada en el concejo de San Tirso de Abres (Asturias), del que es su capital, en la parte más occidental de la provincia de Asturias. Está asentado a 40 metros sobre el nivel del mar en la llanura aluvial formada por el río Eo a su paso por el término municipal.

3.1.1.- Situación geográfica

El término municipal posee una superficie total de 31,36 km², mayormente suelo rural. Limita, dentro de Asturias, al Noreste con el concejo de Vegadeo (Asturias) y al Sureste con el de Vegadeo (Asturias), y fuera de Asturias, al Noroeste con el término municipal de Trabada (Lugo) y al Suroeste con el de Puente Nuevo (Lugo).



Figura 1. Localización de El Llano en Asturias. Fuente: Wikipedia.

3.1.2.- Orografía

El concejo está asentado en un valle que ha formado el río Eo, que lo atraviesa en dirección oeste-este, y que se encuentra a unos 16 km de su desembocadura en la ría del Eo. Las altitudes varían entre los 10-15 metros que posee el río, hasta los 664 metros que tiene el Pico Xunqueira, situado en el cordal de Arredondas, al sur del término, en su límite con Taramundi. Se trata de un relieve muy pronunciado.

Además, se encuentra dividido en dos por el río Eo, que en esta zona tiene dos meandros muy acentuados.

Se ha elaborado un Modelo Digital del Terreno de la zona de estudio a partir de los datos disponibles en el centro de descargas de Instituto Geográfico Nacional.

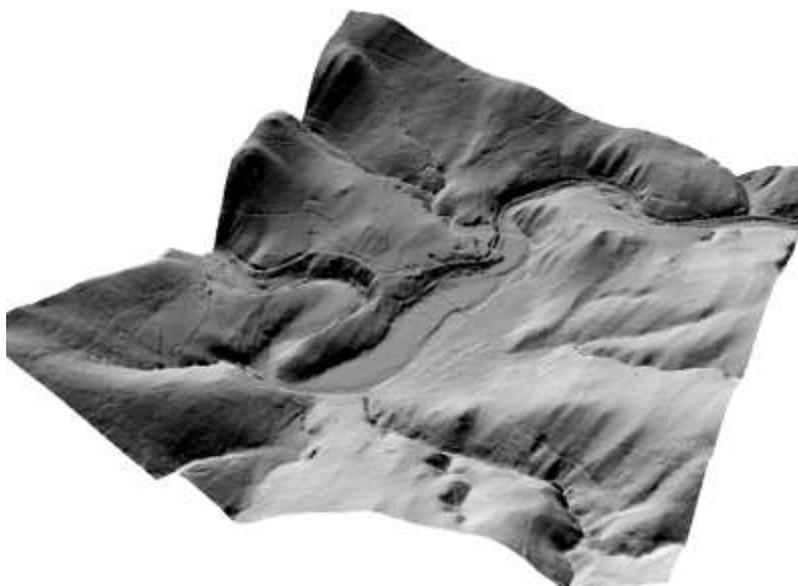


Figura 2. Modelo Digital del Terreno de la zona. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IGN.

3.1.3.- Hidrología

La zona está fuertemente influenciada por la presencia del río Eo. En la zona de estudio el cauce tiene una dirección norte y presenta dos meandros, entre los cuales existe una terraza donde se sitúa la población de El Llano. A su paso por el concejo, recibe las aportaciones de diferentes arroyos como el Rego de Eilale, el Rego do Lobo y el Ouria.

Existe un estudio previo de inundabilidad realizado por la Confederación del Norte donde se ha delimitado por métodos geomorfológicos las áreas de inundación correspondientes a 500, 100 y 10 años de periodo de retorno.

3.1.4.- Climatología

Se podría decir que el clima dominante es el oceánico, presente en prácticamente la totalidad de la fachada norte del país. Éste se caracteriza por presentar precipitaciones abundantes durante todo el año, además de tener un régimen de vientos constante y suave, y alta nubosidad.

Las precipitaciones son del orden de 1100-1300 mm anuales repartidas durante todo el año, existiendo algunos episodios de lluvias torrenciales localizadas que dejan grandes acumulaciones en períodos cortos de tiempo. Sin embargo, estas lluvias no pueden compararse con las presentes en zonas del levante español, que presenta una mayor torrencialidad.

En cuanto a las temperaturas, la media anual es aproximadamente 14°C, la media de las máximas de 16-18°C, y la media de las mínimas de 6-8°C. Se trata de un clima suave, con veranos con temperaturas por debajo de los 30°C e inviernos templados por encima de los 0°C. En la zona son escasas las nevadas.

3.1.5.- Caracterización ambiental y cultural

3.1.5.1.- Espacios Naturales Protegidos: Red Natura 2000

El propio río Eo conforma la zona perteneciente a la Red Natura 2000, como se puede ver en la imagen. La instalación de la estación depuradora de aguas residuales minimizará los impactos producidos a la misma, debido a la eliminación de los vertidos al mismo

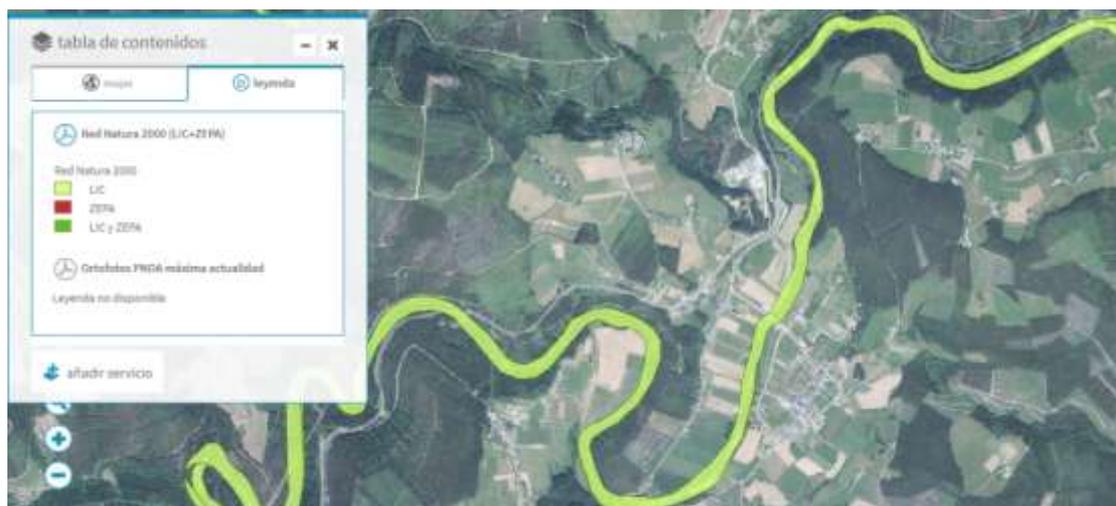


Figura 3. Espacio de la Red Natura en la zona de estudio. Fuente: Visor del MAPAMA.

3.1.5.2.- Otros Espacios Naturales protegidos

El ámbito de actuación se encuentra incluido en la Reserva de la Biosfera Río Eo, Osco y Tierras de Burón. Esta reserva está gestionada de forma conjunta por los gobiernos de Asturias y de Galicia.



Figura 4. Reserva de la Biosfera del río Eo, Osco y Tierras de Burón, y panel informativo. Fuente: Visor MAPAMA, y elaboración propia, respectivamente.

3.1.5.3.- Patrimonio cultural

Existen diversos edificios, y construcciones singulares considerados como patrimonio cultural, entre los que destacan las capillas presentes en El Llano.



Figura 5. Capillas de San Isidro (s. XVIII) y San Juan (s. XVII) e Iglesia de San Salvador (s. XVI).

Además de estos edificios, hay que destacar el gran número de Cabozos (Hórreos) presentes en la zona. Éstos se encuentran protegidos por el Principado de Asturias.



Figura 6. Hórreos presentes en la zona. Fuente: Elaboración propia

3.2.- POBLACIÓN Y EMPLEO

Según el trabajo desarrollado en el *Anejo nº 3.- Estudio de población, cargas y caudales*, la población en el término municipal de San Tirso de Abres a la que debe servir la futura planta es de 279 habitantes a fecha de enero de 2017.

Atendiendo al total de los habitantes del municipio, en la siguiente tabla queda perfectamente ilustrado el proceso de abandono de las zonas rurales que lleva ocurriendo en España en las últimas décadas.

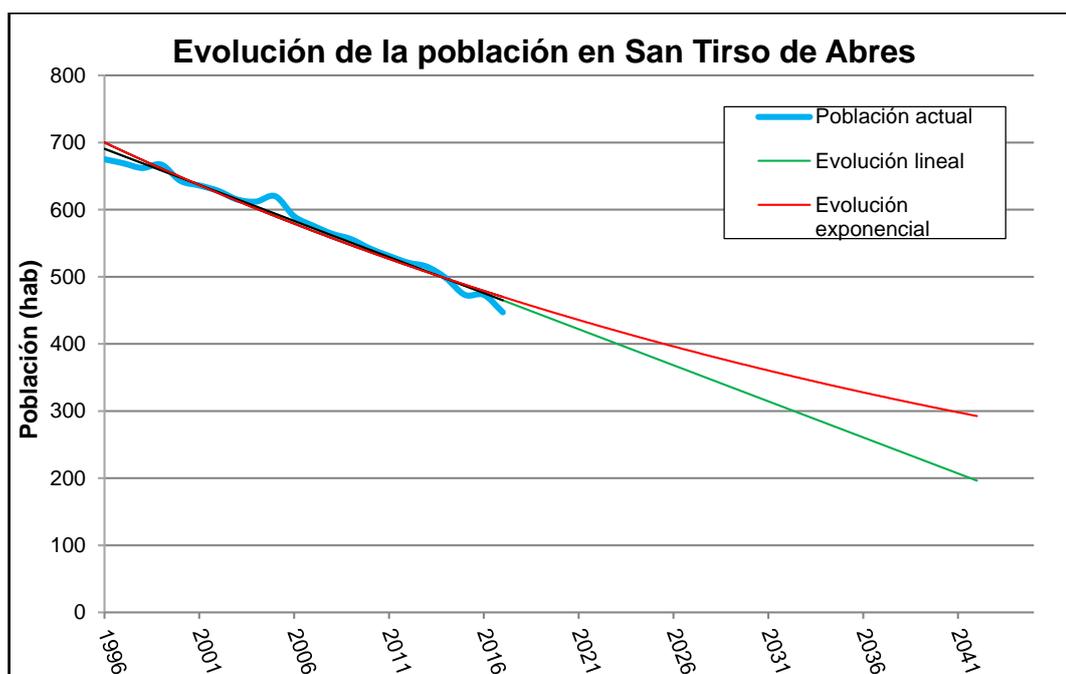


Figura 7. Evolución de la población en el municipio de San Tirso de Abres en el período de 2018-2043. Elaboración propia a partir de datos del INE.

Siguiendo la regresión de los datos de población extraídos del INE, y sin tener noticias de actuaciones de planificación o desarrollo territorial que vayan a afectar a esta localidad y que tengan suficiente magnitud como para revertir la tendencia decreciente de la población, se considera que se deben dimensionar las instalaciones para niveles de caudales iguales a los actuales, en ningún caso mayores.

En cuanto a los datos de las diferentes actividades económicas que se desarrollan en la zona, y siguiendo lo analizado en el anejo nombrado al comienzo de este apartado, se constata una fuerte componente del sector servicios relacionada con el turismo, propiciada por el auge del turismo rural en España. Esta actividad es la predominante en el término, superando incluso a la agricultura y la pesca, como se puede comprobar en el siguiente gráfico.

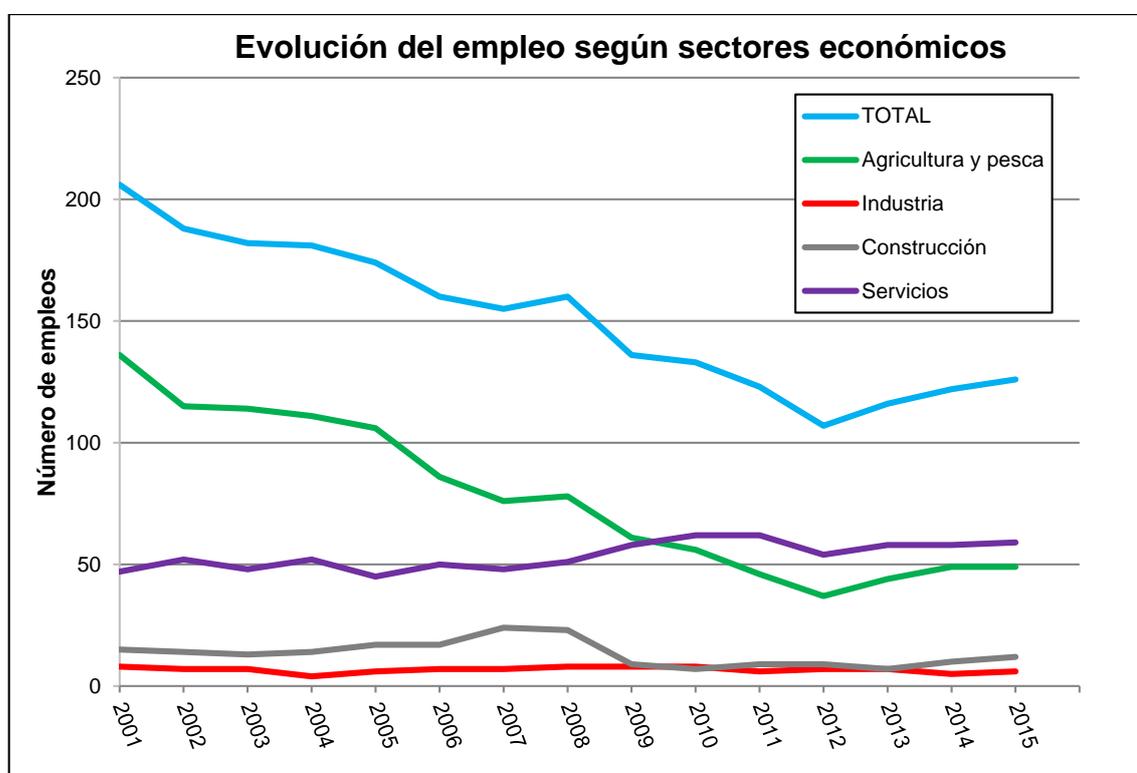


Figura 8. Evolución del empleo según sectores económicos para el período 2001-2015. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la SADEI.

Teniendo en cuenta los datos estadísticos del mercado laboral, se considera que el número de empleos seguirá estable en el mejor de los pronósticos, puesto que es bastante probable que, debido a la despoblación de las zonas rurales, descienda.

3.3.- DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES

Tal y como viene indicado en el Anejo nº 3.- *Estudio de población, cargas y caudales*, no se dispone de analíticas de las cargas contaminantes presentes en las aguas a depurar. La única

información al respecto, se corresponde con los datos de explotación de la EDAR de Eilale, un pequeño núcleo de población a escasa distancia de El Llano, que han sido facilitados por la propia explotadora, VALORIZA AGUA. Ésta se descarta debido a lo anómalo de sus resultados, que muestran unas cargas muy superiores a la composición típica de las aguas residuales, que podría estar causado por la existencia de vertidos procedentes de establecimientos ganaderos. El único parámetro que se considera representativo de estas analíticas es la temperatura del agua residual, por lo que se fija como la de proyecto.

Puesto que se trata de un trabajo académico, y el diseño de la EDAR se realiza mediante el software de simulación de estaciones DESASS, se implementan las propias cargas que éste tiene definidas, que se corresponden con las presentes en un agua residual urbana típica.

3.4.- BASES DE DISEÑO

A consecuencia del análisis realizado en el *Anejo nº 3.- Estudio de población, cargas y caudales*, se establecen las bases de diseño para el dimensionamiento de la planta.

En cuanto a caudales, se obtienen para dos temporadas: alta y baja, o lo que es lo mismo, verano e invierno. El análisis por separado se hace inevitable debido a la fuerte componente estacional en los núcleos a los que dará servicio la EDAR, pues la población se puede llegar incluso a doblar durante los meses de mayor afluencia.

Los datos correspondientes a los caudales son los que se muestran a continuación:

Caudales de diseño		EDAR El Llano	
		Temp. baja	Temp. alta
Punta	m^3/d	647,9	840,7
Coef. Punta	<i>Adim.</i>	2,55	2,12
Medio	m^3/d	254,2	396,6
Mínimo	m^3/d	122,6	193,8

Tabla 1. Caudales de diseño EDAR El Llano.

En cuanto a la concentración de cargas contaminantes en las aguas residuales que tratará la EDAR, se consideran las siguientes:

Cargas contaminantes de diseño EDAR El Llano			
Parámetro		Temp. baja	Temp. alta
Sólidos Suspendidos	mg/l	590,10	590,10
DBO ₅	$mgDQO/l$	570,00	570,00
DQO	mg/l	720,00	720,00
Amonio	mgN/l	16,00	16,00
Nitrógeno Total	mg/l	29,76	29,76
Temperatura	$^{\circ}C$	13,1	21,6

Tabla 2. Cargas contaminantes de diseño para la EDAR de El Llano.

4.- **RESULTADOS A OBTENER**

Atendiendo a los criterios de diseño de instalaciones de depuración en pequeños núcleos de población indicados en el Plan Hidrológico de la Confederación del Cantábrico Occidental, se establecen los siguientes rendimientos mínimos de reducción de la contaminación para núcleos de 250 a 2.000 habitantes equivalentes:

Rendimientos mínimos de reducción de la contaminación			
Parámetro		Rendimiento	Límites de vertido
Sólidos Suspendidos	mg/l	85 %	88,52
DBO ₅	mgDQO/l	90 %	57,00
DQO	mg/l	80 %	144,00
Amonio	mgN/l	75 %	4,00
Nitrógeno Total	mg/l	55 %	13,39

Tabla 3. Rendimientos mínimos de reducción de contaminación y límite de vertido asociado a la carga contaminante influente.

5.- **JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA**

5.1.- ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

En el *Anejo nº 5.- Estudio de alternativas* se describe el proceso de selección de la alternativa que mejor se adecúa a los condicionantes existentes en El Llano. Las alternativas vienen establecidas según dos aspectos, el emplazamiento y el tipo de tratamiento de depuración a implementar, sin obviar la alternativa 0 que se correspondería con la posibilidad de no desarrollar el proyecto.

5.2.- ALTERNATIVA A DESARROLLAR

Atendiendo a las características analizadas de los dos tratamientos, se considera más indicado el tratamiento de aireación prolongada, debido a su mayor rendimiento en la eliminación de nutrientes, y a la alta adaptabilidad en los caudales y cargas. El tratamiento de las aguas resultará más caro que en el caso de los biodiscos, pero el hecho de verter un efluente con menos nutrientes, incluso cuando se presenten variaciones en caudales y cargas, se considera por encima del criterio económico.

Respecto a inundabilidad, se considera más indicada, la parcela de margen derecha, sin embargo, ésta se sitúa muy cercana al camping mencionado anteriormente. Esta cercanía, se considera un factor con más peso, que el hecho de situarse en zona inundable. Por lo que, se escoge la parcela en la zona inundable, teniendo que diseñar la planta sabiendo que en algún momento es posible que se inunde. La cota de inundación para T500 es de 22 metros.

5.3.- UNIDADES DEL PROCESO

En el citado anejo se indica los elementos de los que estaría compuesta la planta, no obstante, a continuación, se indican las unidades de proceso que conformarían éstos.

- Línea de agua:
 - Pozo de entrada con bombeo a pretratamiento.
 - Desbaste, desarenado y desengrasado mediante unidad compacta de pretratamiento.
 - Pozo intermedio con bombeo a reactor biológico.
 - Tratamiento biológico mediante oxidación prolongada.
 - Decantación secundaria.
 - Medida de caudal de efluente tratado.
 - By-pass general, by-pass pretratamiento y by-pass reactor biológico.

- Línea de fangos:
 - Recirculación de fangos al reactor biológico.
 - Purga de fangos biológicos en exceso.
 - Medida de caudal de fangos en exceso.
 - Espesamiento de fangos por gravedad.
 - Secado de fangos mediante unidad de deshidratación fija en planta.
 - Administración de solución de polielectrolito en línea de deshidratación.
 - Almacenamiento de fangos en tolva.

- Línea de aire:
 - Soplantes.
 - Difusores del sistema de aireación.

6.- DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y DE LAS OBRAS DE LAS CONEXIONES EXTERIORES

6.1.- TERRENOS DE LA EDAR

El terreno en el que se ejecutará la planta se ubican en la llanura aluvial que forma el río Eo a su paso por El Llano. Dicho terreno abarca un total de 3 parcelas contiguas, se enumeran a continuación:

- Polígono 4, Parcela 107, Castoy. San Tirso de Abres (Asturias). Referencia catastral: 33063A00400107. Suelo rústico. Uso agrario (cultivo de secano). 1.921 m².
- Polígono 4, Parcela 173, Castoy. San Tirso de Abres (Asturias). Referencia catastral: 33063A00400173. Suelo rústico. Uso agrario (prados o praderas). 805 m².

En total se dispone de 2.726 m², de los que como se verá más adelante, no serán necesarios todos. La superficie es suficiente como para albergar las instalaciones relacionadas con la planta.

6.2.- EMISARIO DE SALIDA

Es el tramo de conducción mediante el cual se transporta el efluente tratado desde el pozo de salida al punto de vertido. Sus características son:

- PVC Corrugado de ϕ 315 mm.
- Pendiente máxima del 4 %.
- Longitud 25 metros.

6.3.- CAMINO DE ACCESO

La parcela se sitúa contigua a un camino con una losa de hormigón de espesor suficiente para la circulación de la maquinaria para la construcción, además el acceso es sencillo y cercano a la N-640, por lo que no se tendría que habilitar un camino de acceso específico.

6.4.- MOVIMIENTO DE TIERRAS DE LA PARCELA

El acondicionamiento de la parcela en la que se van a implantar las instalaciones de depuración consistirá en la ejecución de las siguientes tareas:

- Se ejecuta tareas de desmonte y terraplenado, debido a la pendiente presente en el terreno.
- Extendido y compactación de una capa de suelos adecuados para explanar la rasante de la explanada de la EDAR a la cota seleccionada.

6.5.- ACOMETIDA ELÉCTRICA

La acometida eléctrica en media tensión se realiza a una tensión de 15 kV en el apoyo de de una torre eléctrica de la que se desconoce el propietario. Desde dicho apoyo se traza una

línea eléctrica aérea de longitud 104 metros hasta la EDAR, donde se acomete subterráneamente mediante una torre eléctrica con transformador en altura.

6.6.- ACOMETIDA DE AGUA POTABLE

Para el suministro de agua potable a la planta se ha proyectado una acometida desde la red municipal del núcleo. La acometida se ejecutará en Polietileno de alta densidad de 63 mm de diámetro.

La conducción de agua discurrirá aprovechando la zanja del colector de llegada a la planta, situada siempre en un plano superior al mismo, y a una distancia mínima del mismo de 1 metro.

7.- GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Para una correcta caracterización del terreno existente en las parcelas en las que se proyecta la planta, sería necesario realizar una serie de ensayos en muestras tomadas en campo mediante calicatas. Además, sería conveniente ejecutar un sondeo en la ubicación del reactor biológico, de este modo se podría tener constancia de los espesores y los parámetros de los materiales de los diferentes estratos sobre los que asentaría.

Puesto que el presente anejo se enmarca dentro de un trabajo académico no ha sido posible la realización de los ensayos indicados anteriormente. Por ello, se va a llevar a cabo un análisis de la geología de la zona partiendo de las hojas del Mapa Geológico de España (MAGNA), realizadas entre 1972 y 2003 por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Según estas hojas, la zona se corresponde con un depósito de aluviones del cuaternario.

El terreno formado por los aluviones se clasifica como gravas con arenas, de modo que más del 50% de los gruesos serían retenidos por el tamiz 5 mm. A esta clasificación se le podrían asignar las siguientes características:

- Ángulo de rozamiento interno, $\phi=30^\circ$.
- Peso específico, $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$.
- Cohesión nula, $c=0$.

8.- DIMENSIONAMIENTO FUNCIONAL

8.1.- LÍNEA DE AGUA

8.1.1.- Predesbaste y bombeo de cabecera

8.1.1.1.- Arqueta de entrada

El caudal de agua a tratar llega al pozo de bombeo mediante colector en PVC de diámetro 315 mm.

Se ha diseñado una arqueta de entrada al pozo de bombeo, dotada de compuerta manual mural de 0,5x0,5 m de paso, para aislamiento de la misma. La arqueta tiene unas dimensiones de 1,50X1,00 m. La longitud del labio de vertedero para el aliviado del caudal en exceso es de 1,0 metros. Este labio vierte sobre una reja que evitaría el vertido de los sólidos de gran tamaño al río.

El cierre de la compuerta haría que el nivel de agua subiera en la conducción de entrada hasta la cota en la que entraría en funcionamiento el aliviadero anteriormente mencionado.

La arqueta se encuentra cubierta mediante chapas metálicas que minimizan los olores que desprende la llegada del agua bruta.

Se diseña un By-pass general en cabecera, consistente en tubería DN 400 en PVC.

8.1.1.2.- Rejas manuales

Se ejecuta un canal que tiene incorporadas unas rejas de gruesos con abertura de 40 mm, de este modo se evita que accedan sólidos de mayor tamaño al permitido en las bombas de impulsión al pretratamiento.

Las rejas están instaladas con un ángulo de 75°, tal y como especifica el fabricante. La limpieza manual de las rejas se deberá realizar todos los días para evitar atascos. En caso de que se produjera un atasco, el nivel aguas arriba ascendería hasta alcanzar la cota del aliviadero de la arqueta de entrada, por lo que no se producirían reboses en el propio canal.

El canal se encuentra cubierto mediante chapas metálicas que minimizan los olores que desprende el desbaste.

8.1.1.3.- Pozo de bombeo

El pozo de bombeo tiene unas dimensiones de 1,5 m por 1,5 m, y un calado máximo de diseño de 1,3 m, siendo el volumen de 3 m³. Su forma es tronco – piramidal de manera que se consiga un buen arrastre de sólidos por las bombas instaladas.

Se ha procedido a la instalación de 2 bombas centrífugas verticales, teniéndose en cuenta las siguientes consideraciones:

- N° de arranques/Hora de los equipos con caudal punta inferior a 8.

- Diferencia de lámina entre cada punto de arranque de bombas superior a 20 cm, para evitar arranques falsos debidos a perturbaciones en la superficie del líquido.
- Calado mínimo en el pozo superior a 25 cm, evitando así que las bombas trabajen en vacío.

El caudal máximo que pueden impulsar al pretratamiento en la EDAR, es de 34,8 l/s.

Las dos bombas instaladas son iguales e intercambiables entre sí. Una de las bombas llevará un variador de frecuencia electrónico, flotante entre las unidades de bombeo, de forma que se pueda adaptar el caudal de bombeo al de llegada de agua bruta, evitando aumentos bruscos en el mismo al ponerse en marcha uno de los equipos. Cada una de las bombas podrá impulsar un caudal de 17,4 l/s a 8 metros. El medidor de nivel adoptado será del tipo ultrasónico.

Las bombas entrarán en servicio, se regularán y se pararán de forma automática en función de la altura de agua en el pozo. En caso de fallo del variador entrarán en funcionamiento los equipos disponibles a caudal nominal en función del nivel del pozo.

Se ha previsto que el sistema de control efectúe de forma automatizada la rotación de las unidades de bombeo, a fin de conseguir tiempos de funcionamiento semejantes.

Se ha diseñado un colector de impulsión 2 en 1 consistente en tubería de acero inoxidable AISI 316 DN 150 y DN 200, en el que la velocidad máxima de circulación es de 1,2 m/s, dotado de los accesorios de aislamiento y no retorno habituales y manómetro por bomba.

8.1.2.- Pretratamiento

Se ha escogido una planta compacta para pretratamiento completo de aguas residuales, fabricada íntegramente en acero inoxidable AISI 304 y acero de alta resistencia FE 510.

La instalación es superficial sobre una losa de hormigón, quedando elevada 1 metro sobre la cota de explanación.

Los datos más significativos del equipo en cuanto a dimensiones y caudales son los siguientes:

- Caudal nominal: 13 l/s.
- Anchura del tanque: 1.188 mm.
- Longitud del tanque: 2.000 mm.
- Altura del tanque: 1.822 mm.

Los equipos que incluye la planta de pretratamiento compacta son los siguientes:

8.1.2.1.- Tamizado

Tamiz tornillo con compactación de montaje en carcasa, incluyendo sistema de transporte y compactación de los sólidos, provisto de limpieza en zona de compactación y con un grado de deshidratación y compactación de los sólidos entre 30 y el 45%. Cepillos en sectores atornillados y de fácil sustitución fabricados en PP y Nylon de alta resistencia. Carcasa completamente cerrada con conexión bridada, tapa de acceso abatible y conexión roscada hembra 2" para sonda de nivel.

8.1.2.2.- Desarenado

Depósito de desarenado del tipo longitudinal y diseño especial de construcción robusta, provisto de cubierta desmontable, con sistema de inyección de aire para la separación de orgánicos de la arena y ayuda a flotación de grasas y sobrenadantes, estructura soporte con patas regulables y accesorios para sujeción de los sinfines de extracción de arenas. Los sinfines transportadores de arena se fabrican de eje hueco y su trabajo es en discontinuo, logrando una buena deshidratación de la arena a baja velocidad y una mínima erosión de las hélices.

8.1.2.3.- Sistema de desengrasado

Desengrasador lateral y paralelo al desarenador con rasqueta automática de separación de grasas y longitud igual al desarenador con muro cortacorrientes con entradas en forma de peine y sistema de barrido en todo el largo mediante rascador flotante para una mejor deshidratación de las grasas y flotantes.

La grasa y flotantes son descargados automáticamente y caen por gravedad a una altura de 1308 mm aprox. Para su recogida puede usarse un bidón separador o puede ser bombeada, a otros puntos de la planta de tratamiento, a través de este.

Se incluyen en esta zona los elementos auxiliares para facilitar el mantenimiento del pretratamiento. En particular esta zona estará perfectamente dotada para la limpieza mediante manguero y todo el sistema gozará de una accesibilidad fácil y segura.

Se ha previsto la posibilidad de realizar By Pass al reactor biológico y enviar el caudal directamente a decantación secundaria, mediante tubería DN 200 en FD.



Figura 9. Unidad de pretratamiento compacta TSF 3 S10 304/FE de SAVECO.

8.1.3.- Tratamiento secundario

El tratamiento secundario se diseña partiendo de las simulaciones realizadas en DESASS.

Mediante esta herramienta, se ha diseñado un sistema para el tratamiento secundario consistente en tratamiento de fangos activos por aireación prolongada con decantación secundaria posterior.

Es necesario remarcar que, aunque en este anejo se presenten los parámetros y resultados de cada uno de los elementos del sistema por separado, a la hora de realizar el diseño en DESASS, el sistema se introduce y evalúa conjuntamente, ya que existen relaciones de dependencia entre los diferentes elementos.

8.1.3.1.- Bases de diseño

Según el análisis realizado en el *Anejo nº 3.- Estudio de población, cargas y caudales*, se establecen las bases de diseño para el dimensionamiento de la planta.

Los datos correspondientes a los caudales son los que se muestran a continuación:

Caudales de diseño		EDAR El Llano	
		Temp. baja	Temp. alta
Punta	m^3/d	647,9	840,7
Coef. Punta	<i>Adim.</i>	2,55	2,12
Medio	m^3/d	254,2	396,6
Mínimo	m^3/d	122,6	193,8

Tabla 4. Caudales de diseño EDAR El Llano.

En cuanto a la concentración de cargas contaminantes en las aguas residuales que tratará la EDAR, se consideran las siguientes:

Cargas contaminantes de diseño EDAR El Llano			
Parámetro		Temp. baja	Temp. alta
Sólidos Suspendidos	mg/l	590,10	590,10
DBO ₅	mgDQO/l	570,00	570,00
DQO	mg/l	720,00	720,00
Amonio	mgN/l	16,00	16,00
Nitrógeno Total	mg/l	29,76	29,76
Temperatura	°C	13,1	21,6

Tabla 5. Cargas contaminantes de diseño para la EDAR de El Llano.

Según las cargas contaminantes definidas y los rendimientos indicados, los límites de vertido a cumplir serían los siguientes:

Rendimientos mínimos de reducción de la contaminación			
Parámetro		Rendimiento	Límites de vertido
Sólidos Suspendidos	mg/l	85 %	88,52
DBO ₅	mgDQO/l	90 %	57,00
DQO	mg/l	80 %	144,00
Amonio	mgN/l	75 %	4,00
Nitrógeno Total	mg/l	55 %	13,39

Tabla 6. Rendimientos mínimos de reducción de contaminación y límite de vertido asociado a la carga contaminante influente.

8.1.3.2.- Reactor biológico

Las dimensiones del reactor biológico que se ha calculado son las siguientes:

- Número de reactores: 1.
- Volumen total: 500 m³.
- Forma del reactor: canal de oxidación circular, con decantador concéntrico en el centro.
- Longitud del reactor: 34 metros.
- Ancho del reactor: 3,5 metros.
- Calado útil del reactor: 4 metros.
- Resguardo: 0,5 metros.

Se escogen 1 + 1 motosoplantes con caudal unitario 3,3 Nm³/h. Asociados a éstas, se instalan 72 difusores en el fondo del reactor.



Figura 10. Soplane SEM.10 de MAPNER.

Por último, se instala un agitador mecánico de potencia 1,5 kW.

8.1.3.3.- Decantador secundario

La conducción hasta el decantador es un DN 350 en AISI 316, para la que la velocidad de acceso al decantador nunca supera los 0,8 m/s.

Se propone un decantador secundario con las siguientes dimensiones:

- Calado: 4 metros.
- Resguardo: 0,50 metros.
- Diámetro: 7,30 metros.
- Pendiente del fondo: 10 %.

El efluente que saldría del decantador secundario presentaría estas características:

- Invierno

Características del agua tratada en invierno				
Parámetro	Unidad	Límites	Vertido	Rendimiento
Sólidos Suspendidos	mg/l	88,52	30,00	94,9%
DBO ₅	mgDQO/l	57,00	1,18	99,8%
DQO	mg/l	144,00	59,22	91,8%
Amonio	mgN/l	4,00	0,90	94,4%
Nitrógeno Total	mg/l	13,39	2,65	91,1%

Tabla 7. Características del agua tratada en invierno en DESASS.

- Verano

Características del agua tratada en verano				
Parámetro	Unidad	Límites	Vertido	Rendimiento
Sólidos Suspendidos	mg/l	88,52	30,00	94,9%
DBO₅	mgDQO/l	57,00	0,81	99,9%
DQO	mg/l	144,00	58,58	91,9%
Amonio	mgN/l	4,00	0,66	95,9%
Nitrógeno Total	mg/l	13,39	2,34	92,1%

Tabla 8. Características del agua tratada en verano en DESASS.

Se aprecia en las tablas anteriores que se cumplen holgadamente los requisitos de vertido impuestos por el plan hidrológico.

La purga de fangos se realiza desde la poceta central hacia donde vierten los lodos empujados por las rasquetas del puente móvil.

a) Fangos en exceso

Los parámetros de funcionamiento extraídos de DESASS son:

Producción de fangos en exceso			
Parámetro	Unidad	Invierno	Verano
Producción	kgSS/d	57,37	83,31
Concentración	kgSS/m ³	8,00	8,00
Caudal	m ³ /d	7,17	10,41
SS volátiles biodegradables	%	35,4	28,5

Tabla 9. Producción de fangos en exceso en el decantador secundario en DESASS.

Se instalan 1 + 1 bombas capaces de evacuar un caudal de trabajo de 4 m³/h. Éstas se ubicarán junto a las bombas de recirculación en la arqueta proyectada al efecto, siendo su instalación sumergida. La arqueta de recirculación y purga se ha situado en las proximidades del decantador, favoreciendo la correcta purga de los mantos de fangos.

b) Recirculación de fangos

La recirculación estará controlada por el caudal tratado en la EDAR, siendo la capacidad prevista de diseño la correspondiente hasta un 90% del caudal medio diario en verano.

Los parámetros de funcionamiento extraídos de DESASS son:

Recirculación de fangos			
Parámetro	Unidad	Invierno	Verano
Producción	kgSS/d	1391,76	2729,84
Concentración	kgSS/m ³	8,00	8,00
Caudal	m ³ /d	173,97	341,23

Tabla 10. Recirculación de fangos desde el decantador secundario a cabecera en DESASS.

Se instalan 1 + 1 bombas capaces de evacuar un caudal de trabajo de 20,83 m³/h.

Los fangos recirculados se impulsarán al reactor biológico por tubería en AISI 316 y DN 200.

c) Sobredrenantes

El decantador está equipado con un sistema de recogida superficial de espumas y flotantes, así como con una chapa deflectora que evita su posible salida con el efluente.

La caja de recogida será sumergida, y dispondrá de una salida que llevará por gravedad los flotantes, por tubería DN 100 en AISI 316, a una arqueta donde se hallan alojadas las bombas de flotantes.

Desde esta arqueta, los sobredrenantes se podrán enviar a la unidad de pretratamiento compacta o al espesador, mediante 1 + 1 bombas con un caudal de trabajo de 10,3 m³/h.

La tubería de purga de sobrenadantes es DN 100, construida en AISI 316.

8.1.4.- Medida de caudal de agua tratada

La medida de caudal del agua tratada se realizará en tubería DN 200 en FD según en la conducción que une la arqueta de recogida de agua clarificada con la arqueta de vertido final.

Se ha dispuesto una arqueta donde se ubicará el medidor ultrasónico de caudal en tubería.

Para garantizar la ausencia de perturbaciones hidráulicas que pudiesen afectar a la precisión de la medida, se ha dejado libre una distancia anterior y posterior al mismo.

8.1.5.- Arqueta de salida de agua tratada

Se ha proyectado una arqueta de salida que además es en sí un depósito de almacenamiento de agua tratada, desde donde se realiza la toma de agua industrial.

El efluente decantado entra en la arqueta por conducción de FD y DN 200, siendo el emisario de salida DN 315 en PVC.

8.2.- LÍNEA DE FANGOS

Dado que el tiempo de retención celular del reactor biológico que se ha establecido, es lo suficientemente elevado como para que el fango se presente estabilizado, no es preciso prever una digestión de los fangos.

Los fangos generados en el tratamiento biológico son purgados desde el decantador secundario, y enviados a la unidad de espesamiento pues son fangos ya estabilizados.

8.2.1.- Espesador de gravedad

El espesador consiste en un depósito cilíndrico de fondo inclinado, que contiene un puente móvil del cual penden y son arrastradas unas rasquetas en celosía.

La función de la celosía es la de cortar el fango, evitando su estratificación y facilitando el escape del agua hacia la superficie, donde será retirada por el vertedero periférico.

Los fangos espesados son eliminados desde la poceta central.

El espesador presenta las siguientes dimensiones:

- Calado: 2,5 metros.
- Resguardo: 0,50 metros.
- Diámetro: 1,77 metros.
- Pendiente del fondo: 10 %.
- Volumen total: 6,19 m².

El espesador estará cubierto mediante un sistema desmontable construido en PRFV y conectado con el sistema de tratamiento de olores. Dicha cubierta presenta las siguientes características:

- Diámetro interior: 2,0 m
- Espesor: 5 mm
- Sobrecarga máxima: 90 kg/m²

• Producción de fangos espesados			
Parámetro	Unidad	Invierno	Verano
Producción	kgSS/d	57,37	83,31
Concentración	kgSS/m ³	16,00	16,00
Caudal	m ³ /d	3,59	5,21

Tabla 11. Producción de fangos espesados del espesador en DESASS.

Estos fangos producidos en el espesador son enviados a deshidratación mediante un bombeo de tipo tornillo helicoidal. Las bombas llevarán un variador de frecuencia flotante para poder

regular el caudal de secado de forma exacta, en función del valor proporcionado por el caudalímetro electromagnético situado en la conducción común a la deshidratadora, para permitir el funcionamiento en continuo de la misma en la mayor medida posible.

Se instalan 1 + 1 bombas capaces de evacuar un caudal de trabajo de 3,12 m³/h para enviar.

El líquido sobredrenante se conduce a cabecera. Puesto que se ha dimensionado con una relación entre el caudal de extracción de fangos y el caudal de entrada del 50%, el caudal de sobredrenantes será similar al que se envía a deshidratación.

8.2.2.- Deshidratación

La deshidratación de fangos consta de dos etapas:

- Floculación mediante polielectrolito.
- Deshidratación propiamente dicha mediante decantador centrífugo.

Se secará durante 5 h/día durante 3 días de jornada a la semana.

8.2.2.1.- Floculación mediante polielectrolito

Se instale un equipo de preparación de polielectrolito automático y en continuo a partir de polvo o líquido. El polielectrolito se añade inmediatamente antes de la entrada a la unidad de deshidratación.

Las condiciones de funcionamiento del secado de fangos serán las siguientes:

- Dosis de polielectrolito: 750 kg poli/m³.
- Concentración de preparación: del 0,1 al 0,6 %.
- Producción: Q= 850 l/h

El equipo de preparación de la solución en continuo presenta las siguientes características:

- Cuba de 1.000 litros dividida en 3 compartimentos.
- 2 electroagitadores de eje vertical.
- Llegada de agua de red con un caudal de entrada de 1.200 litros/hora.
- Tres sondas de nivel capacitivas en versión inoxidable, montadas en el segundo compartimiento.
- Dosificador volumétrico con tornillo y tolva de almacenaje de capacidad 60 litros.
- Armario sinóptico para el mando automático completo del equipo.



Figura 11. Preparador de polielectrolito POLIBASIC AP 8 de POLITECH.

8.2.2.2.- Secado del fango mediante centrífuga

Al fango espesado se le añade la solución de polielectrolito, y la mezcla es introducida en el extractor centrífugo. La sequedad esperada podría estar alrededor del 22 %.

Se ha escogido una centrífuga capaz de deshidratar un caudal de trabajo de 3-5 m³/hora.



Figura 12. Extractor centrífugo BABY 3 de PIERALISI.

Se ha dispuesto un polipasto eléctrico de capacidad 1.600 kg que permita la extracción y manejo de la centrifugadora para su instalación y mantenimiento.

8.2.3.- Almacenamiento y vertido de fangos

La finalidad del almacenamiento de fangos es permitir la adecuación entre el ritmo de producción de fango y el de evacuación para su disposición final.

El almacenamiento del fango deshidratado se realizará en tolva en chapa de acero de 16 m³, que se corresponde con 10 días de producción.

El suministro a la tolva se realizará mediante una bomba de tornillo helicoidal especial para el manejo de fangos deshidratados capaz de bombear con un caudal de 0,1-1 m³/h.

8.2.4.- Desodorización

Las instalaciones de deshidratación de fangos se han alojado dentro de un edificio cerrado y desodorizado.

Además, el espesador irá cubierto mediante una cubierta de poliéster reforzado prefabricado, para evitar la propagación de olores, y contará también con aspiración hasta el sistema de desodorización.

De la misma forma, la tolva de fangos contará con conducto de aspiración hacia el sistema de desodorización.

Se ha optado por instalar un sistema de desodorización basado en adsorción por carbón activo.

Se instala un equipo compacto de desodorización capaz de extraer un caudal de 8.500 m³/h.

8.3.- RED DE AGUA POTABLE

El agua potable se toma desde un punto de la red de distribución situado en el polígono industrial de El Boutarón.

Se distribuirá agua potable al Edificio Industrial.

9.- DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

9.1.- DATOS DE PARTIDA

Según el análisis realizado en el *Anejo nº 3.- Estudio de población, cargas y caudales*, se establecen las bases de diseño para el dimensionamiento de la planta.

Los datos correspondientes a los caudales son los que se muestran a continuación:

Caudales de diseño		EDAR El Llano	
		Temp. baja	Temp. alta
Punta	l/s	7,49	9,72
Coef. Punta	Adim.	2,55	2,12
Medio	l/s	2,94	4,59

Tabla 12. Caudales de diseño EDAR El Llano.

De estos caudales, para el cálculo de la línea piezométrica se emplearán los correspondientes a la temporada alta, en verano, ya que éstos son mayores.

Las cotas características de partida para el cálculo son las siguientes:

Cotas de partida		
Explanación del terreno	m	20
Cota de rasante colector de entrada	m	18

Tabla 13. Cotas de partida para el cálculo de la línea piezométrica.

9.2.- LÍNEA PIEZOMÉTRICA

Del análisis hidráulico realizado, se desprenden los siguientes resultados, en cuanto a las cotas de la línea piezométrica:

LÍNEA PIEZOMÉTRICA		
Referencia	Qm	Qp
Cota de lámina en equipo compacto de pretratamiento (m)	22,33	22,33
Cota de lámina en reactor biológico (m)	22,70	22,75
Cota de lámina en decantador secundario (m)	22,45	22,50
Cota de lámina en arqueta de salida (m)	19,87	19,95

Tabla 14. Línea piezométrica en elementos del proceso.

La diferencia de cota entre la lámina en el reactor biológico y la lámina en la arqueta de salida es de 2,83 m.

9.3.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS CONDUCCIONES

9.3.1.- Línea de agua

DESCRIPCIÓN	TIPO	Nº Conducc.	DN (mm)	MATERIAL
Pretratamiento a Reactor	Presión	1	200	AISI316
Reactor a Decantador	Presión natural	1	200	AISI316
Decantador a Fuente de salida	Presión natural	1	200	AISI316/FD

Tabla 15. Características tuberías de la línea de agua.

9.3.2.- Línea de fangos

DESCRIPCIÓN	TIPO	Nº Conducc.	DN (mm)	MATERIAL
Decantador a Arq. Recirculación y Purga	Presión natural	1	200	FD
Arq. Recirculación y Purga a Reactor	Presión	1	200	AISI316
Arq. Recirculación y purga a espesador	Presión	1	100	AISI316-FD-AISI316
Espesador de fangos a equipos de bombeo a centrífugas	Presión natural	1	150	FD
Bombeo de fangos espesados a Centrífugas	Presión	1	100	AISI316
Bombeo de fango deshidratado a tolva	Presión	1	150	AISI316

Tabla 16. Características tuberías de la línea de fangos.

9.3.3.- Línea de sobrenadantes

DESCRIPCIÓN	TIPO	Nº Conducc.	DN (mm)	MATERIAL
Decantador a Arq. De bombeo de sobrenadantes	Presión natural	1	100	AISI316 -FD
Arq. De sobrenadantes a Desnatador	Presión	1	80	AISI316-FD-AISI316
Espesador a Red de Saneamiento	Presión natural	1	150	AISI316-PVC
Depósito de fangos a red de saneamiento	Presión natural	1	150	AISI316-PVC

Tabla 17. Características tuberías de la línea de sobrenadantes.

9.3.4.- Línea de aire biológico

DESCRIPCIÓN	TIPO	Nº Conducc.	DN (mm)	MATERIAL
Colectores de impulsión	Presión	2	150	ACG
Soplantes a distribución en balsas	Presión	1	200	ACG
Distribución en balsas a parrillas	Presión	2	100	ACG

Tabla 18. Características tuberías de la línea de aire biológico.

10.- DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL

De acuerdo a lo establecido en el *Anejo nº 9.- Dimensionamiento estructural*, se han analizado las siguientes unidades estructurales.

- Edificio industrial.
- Depósitos
 - Reactor biológico (exterior al decantador secundario).
 - Decantador secundario (interior al reactor biológico).
 - Espesador de fangos.

10.1.- MATERIALES

En cuanto a los hormigones se ejecutarán según lo prescrito en la Instrucción de Hormigón Estructural, (EHE).

En base a esto se considera que los distintos recintos que deben albergar agua se encuentran en la CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN IV, CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN Qb. El hormigón a emplear tendrá una resistencia mínima de 30 N/mm².

Por otra parte, y a efectos de valores máximos de abertura de fisuración, para elementos de hormigón armado con CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN Qb se admitirá una máxima abertura de fisura de 0,1 mm.

El hormigón empleado en la ejecución de vigas, pilares y losas que no tengan contacto con el agua a tratar es el denominado HA-25/B/20/IIa. El hormigón a emplear tendrá una resistencia mínima de 25 N/mm².

Las armaduras pasivas para el hormigón serán de acero y estarán constituidas por barras corrugadas o mallas electrosoldadas. La barra corrugada empleada en el presente proyecto es la B 500 S.

10.2.- EDIFICIO INDUSTRIAL

El edificio industrial es de planta regular, compuesto por pórticos ortogonales en ambas direcciones principales. Cuenta con una superficie de 110 m². En el edificio se comparten las labores de control y procesos industriales, incluyendo sala de control, aseos y vestuarios y sala de control de motores.

La cimentación se realiza mediante placa de canto constante e igual a 50 cm con zuncho perimetral.

El edificio está sometido a las acciones gravitatorias propia de la cubierta, sobrecargas de uso y mantenimiento y viento.

El dimensionamiento del edificio se efectúa mediante el software de cálculo de estructuras CYPECAD, desarrollado por CYPE Ingenieros S.A.

En el *Documento nº 2.- Planos*, vienen situados los elementos que lo componen, además de estar definidas las secciones y materiales que lo conforman.

10.3.- DEPÓSITOS

Los distintos depósitos se calculan como depósitos parcialmente enterrados, contemplando las dos hipótesis posibles que se darán durante su vida útil: el estar llenos o vacíos.

Para el dimensionamiento, se han considerado las siguientes cargas:

- Empuje de tierras.
- Empuje hidrostático.

Para la obtención del empuje activo de las tierras, se emplean los datos indicados en el apartado de geotecnia, calculando primero el coeficiente de empuje activo.

Las comprobaciones pertinentes se han realizado con el software Prontuario Informático del Hormigón Estructural 3.1 EHE-08, desarrollado por la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid, siguiendo las especificaciones de la propia EHE.

11.- DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO

11.1.- CÁLCULO DE LA POTENCIA DE TRANSFORMACIÓN NECESARIA

Del estudio y recuento de los motores y demás equipos eléctricos de la EDAR, se obtienen los valores de potencia instalada de los Cuadros que se relacionan más adelante y que, en resumen, nos dan las potencias totales. A continuación, se muestran:

EQUIPO	Potencia nominal kW
CUADRO DEL BOMBEO	2,90
CENTRO DE CONTROL DE MOTORES	43,75
CUADRO EDIFICIO INDUSTRIAL	8,00
CUADRO ALUMBRADO EXTERIOR	3,00
POTENCIA TOTAL	57,65

Tabla 19. Potencias asociadas a cada cuadro eléctrico.

En el Apéndice 1.- Equipos eléctricos y potencias del Anejo nº 10.- Dimensionamiento eléctrico, se muestran estas potencias desglosadas por elementos.

Para obtener la potencia aparente necesaria en transformación se ha tomado como factor de potencia 0,95 ($\cos\Phi=0,95$), gracias a la batería de condensadores que se coloca para mejorar el factor de potencia de la instalación eléctrica.

De este modo, la potencia aparente total simultánea es:

$$S = \text{Potencia absorbida sin reserva} / \text{factor de potencia} = 57,65 / 0,95 = 60,68 \text{ KVA.}$$

Teniendo en cuenta que el coeficiente de simultaneidad de funcionamiento en la planta es de 0,85, y considerando una reserva del 25 %, la potencia aparente total será:

$$S = \text{Potencia aparente} * \text{coeficiente simultaneidad} * \text{reserva} = 60,68 * 0,85 * 1,25 = 64,48 \text{ KVA}$$

Se instalará un transformador de 100 KVA, con tensión en baja a 420 V, para el suministro eléctrico a la EDAR.

La acometida se realizará desde una torre eléctrica de la que se desconoce el propietario, y que se sitúa a 120 metros en línea recta hasta la ubicación del transformador en la EDAR. Estará situado en lo alto de un poste para evitar las posibles inundaciones que se den en la parcela que ocupa la planta.

11.2.- CÁLCULO DEL EQUIPO DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Los datos de partida para el cálculo, contando con una eventual deshidratación móvil, son:

- Potencia eléctrica consumida: $P = 57,65 \text{ kW}$.
- Factor de simultaneidad = 0,85.
- Potencia nominal resultante: $P = 49,00 \text{ kW}$.
- Tensión nominal: $V = 400 \text{ V}$.
- Factor de potencia inicial: $\cos\Phi_1 = 0,75$.
- Factor de potencia final: $\cos\Phi_2 = 0,95$.

La potencia reactiva a suministrar por la batería de condensadores viene dada por la siguiente fórmula:

$$Q = P(tg\Phi_1 - tg\Phi_2)$$

Para los datos de salida arriba indicados, y escogiendo la potencia nominal consumida, ignorando el factor de simultaneidad como criterio del lado de la seguridad, resulta una potencia reactiva igual a 31,89 kVAr. Se escoge por tanto una batería de al menos una capacidad igual a 30 kVAr.

11.3.- CÁLCULO DE CUADROS ELÉCTRICOS

El Cuadro General de Distribución se encuentra en la sala de cuadros eléctricos del edificio industrial. Este cuadro alimenta al Centro de Control de Motores (CCM) de la planta, al Cuadro de Alumbrado Exterior, al Cuadro Secundario de Fuerza y Alumbrado del edificio de la planta, y al Cuadro Eléctrico del bombeo de agua bruta.

Todos estos cuadros se sitúan en la misma sala de control y cuadros eléctricos, en el edificio industrial.

El Centro de Control de Motores alimenta a los equipos correspondientes a las siguientes etapas del proceso de depuración:

- Pretratamiento compacto.
- Reactor biológico.
- Decantación secundaria.
- Salida de agua tratada.
- Recirculación y purga de fangos.
- Espesamiento de fangos.
- Acondicionamiento y deshidratación de fangos.
- Almacenamiento de fangos deshidratados en tolva.
- Servicios auxiliares.

El Cuadro Eléctrico del bombeo de agua bruta dará servicio a los siguientes elementos:

- Bombeo de agua bruta.

12.- INSTRUMENTACIÓN, AUTOMATISMO Y CONTROL

12.1.- INSTRUMENTACIÓN

12.1.1.- Línea de agua

- POZO DE BOMBEO:
 - Medición de nivel ultrasónico.
 - Conjunto de 4 boyas de nivel de seguridad.
 - Medidor de pH y temperatura.

- TRATAMIENTO BIOLÓGICO:
 - Medición de oxígeno disuelto.
 - Medición de las condiciones del aire inyectado: caudal, presión y temperatura.

- DECANTACIÓN SECUNDARIA:
 - Boya de nivel en la arqueta de flotantes del decantador para activación de la purga de las mismas.
 - Conjunto de 2 boyas de nivel en la arqueta de bombeo de flotantes.

- SALIDA DE AGUA TRATADA:
 - Medición ultrasónica del caudal tratado.

12.1.2.- Línea de fangos

- RECIRCULACIÓN Y PURGA DE FANGOS EN EXCESO:
 - Medición electromagnética del caudal recirculado al reactor biológico.
 - Medición electromagnética del caudal de fangos secundarios al espesador.
 - Conjunto de 2 boyas de nivel en arqueta de fangos.

- BOMBEO DE FANGOS ESPESADOS:
 - Medición electromagnética del caudal impulsado a la centrífuga.

- ACONDICIONAMIENTO QUÍMICO DEL FANGO A SECAR:
 - Medición electromagnética del caudal dosificado de reactivo.

- ALMACENAMIENTO DE FANGOS SECOS:
 - Medición ultrasónica del nivel de fangos.
 - Boya de nivel de alarma.

12.2.- AUTOMATISMO Y CONTROL

El sistema de telecontrol estará compuesto por los siguientes elementos de control:

- Centros de Control.
- Estaciones Remotas.

El Centro de Control tiene como función principal la supervisión y el control de la totalidad de las Estaciones Remotas del sistema, recibiendo los valores de medida y señalización auxiliar y enviando las correspondientes órdenes y valores de consigna.

El Centro de Control Principal es el único que tendrá comunicación directa con dichas Estaciones Remotas, y ésta será realizada vía cable.

12.2.1.- Centro de control

El Centro de Control se basará en un sistema compuesto por un puesto de control constituido por un ordenador personal, en el que reside el software de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA).

Desde el Centro de Control se permite maniobrar los dispositivos instalados en las distintas estaciones, tanto de forma manual, desde el propio centro, como de forma automática, adquiriendo el control del proceso la CPU de la Estación Remota.

Las funciones de supervisión serán realizadas a través de un ordenador, representándose gráficos sinópticos, listas de señales, diagramas de barras y curvas de tendencia, ofreciendo de este modo un fiel reflejo del estado del sistema.

Los gráficos sinópticos permitirán representar alarmas, usando cambios de colores de pantallas, así como los valores de las variables a controlar.

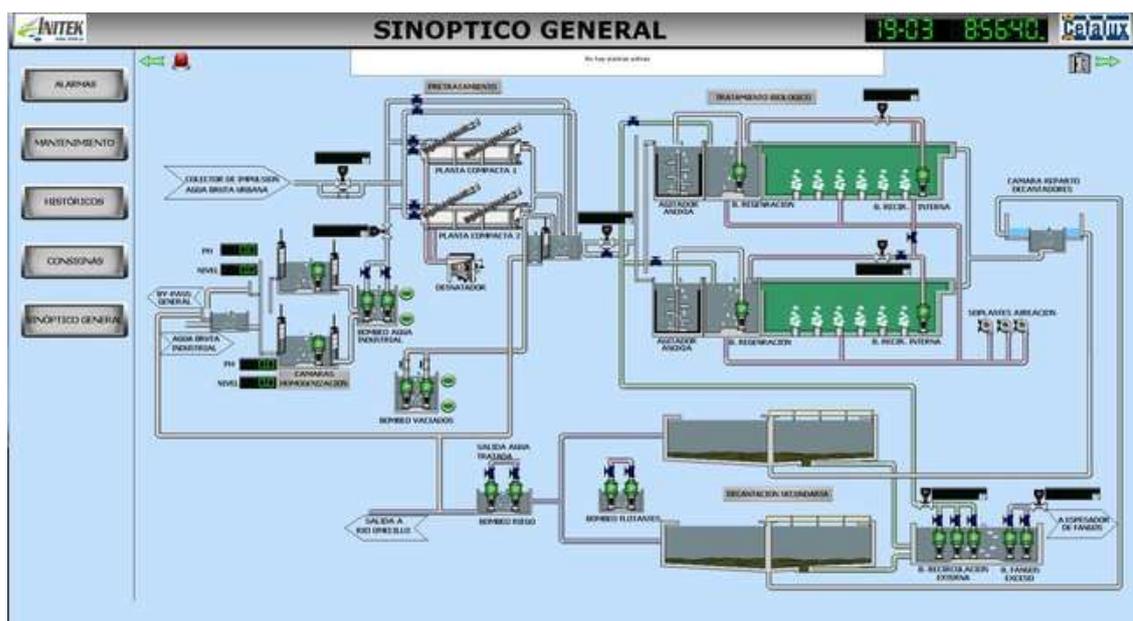


Figura 13. Interfaz de un SCADA instalado en una EDAR.

12.2.2.- Estaciones remotas

La misión de las estaciones remotas es la adquisición y control de las señales procedentes de los elementos captadores de campo y el posterior envío de esa información al software de supervisión residente en el Centro de Control, así como la actuación sobre dichos elementos de campo (como, por ejemplo, abrir o cerrar válvulas, paro/marcha de motores), todo ello de acuerdo al programa de lógica residente en su memoria.

Entre las tareas que es capaz de realizar una Estación Remota se destacan las siguientes:

- Controlar elementos maniobrables tales como bombas de aire y agua, compuertas, rejas, puentes, separadores, concentradores y agitadores, elementos que necesitan un programa de lógica local que les permita seguir funcionando autónomamente en el caso de pérdida de comunicación con el Centro de Control.
- La lógica local (PLC) es implantable en la estación remota mediante herramientas software de programación, utilizando un lenguaje de muy alto nivel basado en diagramas lógicos y de contactos, fácilmente asimilable por el técnico programador.

Las estaciones remotas cuentan con un software que permite trabajar al operador a nivel local para la depuración del programa PLC y la detección de fallos en la instrumentación.

13.- PRESUPUESTO

Se adjunta a continuación, el resumen del presupuesto en ejecución material:

1 CONEXIONES EXTERIORES	45.569,26
2 OBRA CIVIL DE LA EDAR	151.178,23
3 EQUIPOS DE LA EDAR	474.528,47
4 CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS	6.745,65
5 GESTIÓN DE RESIDUOS	33.728,23
6 SEGURIDAD Y SALUD	16.864,12
TOTAL OBRA (Euros):	728.613,96

Asciende el presente presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de:

Setecientos veintiocho mil seiscientos trece con noventa y seis céntimos de euro

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL: 728.613,96

14.- CONCLUSIÓN

En el presente documento se han realizado los cálculos para el dimensionado de la estación depuradora de aguas residuales de El Llano.

Conjuntamente con el resto de documentos presentados, se tiene una idea bastante aproximada de lo que podría ser el dimensionamiento de una planta en la vida profesional. No obstante, dado el carácter académico del trabajo, éste tiene una serie de déficits, en modo de anejos y documentos, que terminarían por definir completamente las obras en un caso real.

Valencia, 6 de julio de 2018

Ángel López Piera

Ingeniero Técnico de Obras Públicas