



PROYECTO FINAL DE CARRERA:

ESTUDIO, CONTROL Y MANTENIMIENTO DE UNA E.D.A.R.I.

-Autor:

Jorge García Gonzalo

-Director:

D. Francisco Javier Lanaja del Busto

-Especialidad:

Electrónica

-Convocatoria:

Febrero 2012



**Escuela Universitaria de
Ingeniería
Técnica Industrial
Universidad Zaragoza**

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Memoria: Estudio, control y mantenimiento de una E.D.A.R.I.

AUTOR

Jorge García Gonzalo

DIRECTOR

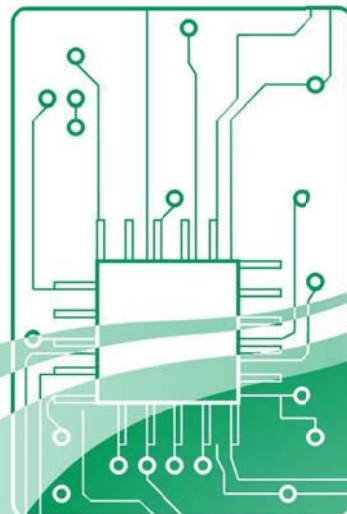
Francisco Javier Lanaja del Busto

ESPECIALIDAD

Electrónica

CONVOCATORIA

Febrero 2012



ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. CONSIDERACIONES GENERALES DE UNA E.D.A.R.I.

1.1-	Objetivo del proyecto.....	3
1.2-	El agua. Problemática de las aguas residuales y necesidad de su depuración a través de las estaciones depuradoras.....	3
1.3-	Las aguas residuales: características.....	8
1.4-	E.D.A.R.I.: conceptos.....	13
	1.4.1- Definición de E.D.A.R.I. Caracterización de una E.D.A.R.I.....	13
	1.4.2- Tipos de E.D.A.R.I.....	14
1.5-	Objetivos de una E.D.A.R.I.....	14
1.6-	Factores a tener en cuenta en la instalación de una E.D.A.R.I.....	15
1.7-	Ubicación de una E.D.A.R.I.	15
1.8-	Procesos de una E.D.A.R.I.	15
1.9-	Instalaciones, equipos e instrumentación de la E.D.A.R.I.....	24
1.10-	Gestión de la utilización, explotación y mantenimiento de una E.D.A.R.I.....	25

2. LEGISLACIÓN VIGENTE

2.1-	Introducción.....	28
2.2-	Legislación medioambiental.....	29
	2.2.1- Legislación autonómica.....	29
	2.2.2- Legislación nacional.....	29
	2.2.3- Legislación europea.....	31
2.3-	Legislación electrotécnica.....	32
	2.3.1- Legislación nacional.....	32
	2.3.2- Legislación europea.....	33

3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS Y DEL SISTEMA

3.1-	Localización de la planta.....	35
3.2-	Actividad de la planta.....	37
3.3-	Planos de la E.D.A.R.I. de Ballobar.....	37-38-39
3.4-	Procesos de la E.D.A.R.I. Descripción de los procesos de la E.D.A.R.I... ..	40
	3.4.1- Recepción del agua residual y pretratamiento (tratamiento primario).....	41
	3.4.2- Proceso de fangos activos (tratamiento secundario).....	45
	3.4.3- Filtración (tratamiento terciario).....	50
3.5-	Control de los equipos.....	54
3.6-	Instrucciones de mantenimiento de los equipos.....	55
	3.6.1-Desengrase.....	56
	3.6.2-Reactor biológico.....	56

3.6.3-Neutralización (entrada de reactivos químicos a proceso).....	57
3.6.4-Grupo soplante.....	57
3.6.5-Decantador lamelar.....	57
3.6.6-Bombas de alimentación.....	58
3.6.6.1-Mantenimiento diario.....	58
3.6.6.2-Mantenimiento mensual.....	58
3.6.6.3-Mantenimiento anual.....	58
3.6.7- Acondicionamiento de fangos. Espesador de fangos.....	58
3.6.8-Filtro de arena y de carbón activo.....	59
3.6.8.1-Puesta en marcha del proceso de filtración.....	59
3.6.8.2-Alarmas.....	61
3.6.9-Averías y fallos.....	61
3.6.9.1-Seta de emergencia.....	61
3.6.9.2-Averías de interruptores magnetotérmicos.....	62
3.6.9.3-Averías de equipos de medición y control.....	62
3.7- Manual de instrucciones de la E.D.A.R.I: Mantenimiento y normas de seguridad / CAUTION.....	62
3.7.1-Normas generales de seguridad.....	62
3.7.2- Señalización de áreas en la planta.....	64
3.7.3- Instrucciones.....	65
3.7.4- Averías de la instalación.....	65
3.7.5- Medidas de seguridad en funcionamiento normal.....	65
3.7.6- Entrenamiento y cualificación del personal.....	65
3.7.7- Instrucciones de seguridad.....	65
3.7.8- Instrucciones de seguridad para las operaciones de mantenimiento, inspección, montaje y desmontaje.....	66
3.7.9- Peligros eléctricos.....	66
3.7.10- Peligros hidráulicos y neumáticos.....	66
3.7.11- Peligros químicos.....	66
3.7.12- Mantenimiento y reparación de las averías.....	67
3.7.13- Modificaciones y reposición de piezas de la instalación.....	67
3.7.14- Limpieza de la instalación y eliminación de materiales.....	67
3.8- Caracterización de la E.D.A.R.I. Instalaciones, equipos e instrumentación de la E.D.A.R.I.....	67
3.9- Gestión de la utilización, explotación y mantenimiento de la E.D.A.R.I.....	69
 4. CONCLUSIONES.....	 70
 5. BIBLIOGRAFÍA.....	 71

1. CONSIDERACIONES GENERALES DE UNA E.D.A.R.I.

1.1-Objetivo del proyecto

El objetivo de este proyecto es el estudio de la estación depuradora de aguas residuales industriales (E.D.A.R.I.) (de Ballobar) de la empresa objeto del proyecto.

Se busca que el autor del proyecto conozca y desarrolle el funcionamiento y las partes de las que se compone una E.D.A.R.I., junto con los diferentes procesos químicos que se dan en el tratamiento de las aguas residuales hasta su depuración, y partes de su automatizado, además del fin y el porqué del uso tanto de las plantas urbanas (E.D.A.R.) como de las industriales (E.D.A.R.I.).

1.2-El agua. Problemática de las aguas residuales y necesidad de su depuración a través de las estaciones depuradoras

El 59% del consumo total de agua en los países desarrollados se destina a uso industrial, el 30% a consumo agrícola y un 11% a gasto doméstico, según se constata en el primer informe de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo, Agua para todos, agua para la vida (marzo 2003). En 2025, el consumo de agua destinada a uso industrial alcanzará los 1.170 km³ / año, cifra que en 1995 se situaba en 752 km³ / año. El sector productor no sólo es el que más gasta, también es el que más contamina. Más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los países industrializados, mientras que en las naciones en vías de desarrollo un 70% de los residuos que se generan en las fábricas se vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles.

Estos datos aportan una idea de la importancia que tiene el tratamiento y la reutilización de aguas residuales en el sector industrial en el mundo, y más aún en países que saldan su balance de recursos hídricos con números rojos. Es el caso de España, la nación europea con mayor déficit hídrico.

Según el Libro Blanco del Agua, el consumo en España es de 35.000 Hm³/año. Sin embargo, su uso presenta particularidades respecto a la media mundial, ya que el 68% se destina a regadío, el 18% a abastecimiento de población e industria, y el 14% restante a sistemas de refrigeración de producción de energía.

El agua es tanto un derecho como una responsabilidad, y tiene valor económico, social y ambiental. Cada ciudadano, cada empresa, ha de tomar conciencia de que el agua dulce de calidad es un recurso natural, cada vez más escaso tanto a nivel superficial como subterráneo, necesario no sólo para el desarrollo económico, sino imprescindible como soporte de cualquier forma de vida en la naturaleza. No cabe duda de que la industria es motor de crecimiento económico y, por lo tanto, clave del progreso social. Sin embargo, demasiado a menudo la necesidad de maximizar el proceso productivo excluye de la planificación la tercera pata del progreso, la protección del Medio Ambiente.

El adecuado tratamiento de aguas residuales industriales y su posterior reutilización para múltiples usos contribuye a un consumo sostenible del agua y a la regeneración ambiental del dominio público hidráulico y marítimo y de sus ecosistemas. Sin olvidar que el agua de calidad es una materia prima crítica para la industria.

La comunidad internacional ha reconocido en múltiples foros el importante papel que juega el agua

en un sistema sostenible de desarrollo industrial a largo plazo. La Agenda 21, surgida de las conversaciones de Río 92, concluye en el capítulo 30 que las políticas y operaciones comerciales e industriales pueden desempeñar un papel decisivo en la conservación medioambiental y el mantenimiento de los recursos si se incrementa la eficacia de los procesos de producción y se adoptan tecnologías y procedimientos limpios, reduciendo al mínimo, e incluso evitando, los deshechos.

Por su parte, el Plan de Aplicación de las Decisiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de 2002 alienta a la industria a desarrollar su función social estableciendo sistemas de ordenación ambiental, códigos de conducta, medidas de certificación y publicación de informes sobre cuestiones ambientales y sociales. Un año más tarde, la Declaración Ministerial del Tercer Foro Mundial del Agua reunido en Kioto propone recaudar fondos siguiendo criterios de recuperación de costes que se adapten a las condiciones climáticas, medioambientales y sociales del lugar, así como el principio de “contaminador paga”.

En el ámbito europeo, la Directiva 2000 incorpora la calidad como objetivo de la política general del agua, lo que supone un impulso para las técnicas y tecnologías –presentes y futuras, gracias a la investigación – encaminadas a que el agua retorne a la Tierra, una vez utilizada, en condiciones que no sólo permitan la supervivencia, sino la regeneración de algunos de nuestros ecosistemas.

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), en España el volumen de agua residual recogido en 2003 fue de 3.469 Hm³, de los que sólo se reutilizó un 4% (unos 170 Hm³). Aunque es difícil cuantificar el volumen de aguas residuales que pueden reutilizarse para distintos usos, todos los estudios que se han realizado sobre la materia confirman el enorme potencial de España en este campo. Entre los métodos más rigurosos para determinar la capacidad de reutilización de recursos hídricos se encuentra el elaborado por Hochstrat (2005). Según su modelo, España tiene un potencial de reciclado de 1.300 Hm³, un orden de magnitud muy superior al actual.

El agua residual urbana (ARU), sin entrar en detalles, es la que se genera en los núcleos urbanos y procede tanto de los usos domésticos y de empresas del sector servicios, como aquellas aguas industriales que cumpliendo la normativa vigente, vierten a la red de alcantarillado público. Si la red de alcantarillado es de tipo unitario, en episodios de lluvia, por la red de colectores, además, circularía el agua pluvial caída sobre la cuenca urbana mezclada con el agua residual doméstica.

Es obvio que el agua residual contiene contaminantes de distinto tipo y que van desde sólidos (plásticos, trozos de madera, trapos, arenas,.....), pasando por un sinfín de sustancias químicas que de alguna manera u otra pueden afectar de manera negativa al medio receptor (compuestos carbonosos que al ser metabolizados hacen disminuir la concentración de oxígeno del agua, nutrientes que pueden hacer proliferar desmesuradamente ciertos tipos de algas, sustancias tóxicas, grasas,.....) y para cerrar la lista, tendríamos también todo el espectro de contaminantes microbiológicos procedente de los excrementos y detritus.

La naturaleza, por sí misma tiene capacidad de autodepurar aguas residuales de tipo urbano, sin embargo, esta capacidad de autodepuración es muy limitada y cuando los vertidos son de cierta entidad, superan fácilmente la capacidad de autodepuración del medio receptor y producen un impacto ambiental negativo que puede ir de la casi imperceptibilidad hasta la degradación ambiental severa del medio receptor.

El impacto de las ARUs sin tratar en el medio receptor genera a la sociedad un problema-raíz que podríamos desglosar en una doble vertiente:

- Problema del deterioro que producen en el ecosistema del medio receptor, por ejemplo en un cauce:
 - muerte de especies tanto vegetales como animales.

Al cauce le llegan muchos sólidos gruesos arrastrados por las aguas residuales, tales como plásticos, objetos de todo tipo, etc. que provocan que se tape la vegetación de las riberas. Además, al cauce también le llegan sólidos en suspensión que se sedimentan en el fondo y en las orillas, como por ejemplo arenas y materia orgánica. Al descomponerse dicha materia orgánica y los compuestos amoniacales del agua residual se produce un consumo del oxígeno disuelto que tiene el cauce, lo que puede implicar pérdida de vida acuática. Otra causa de disminución del oxígeno disuelto es debido a un aumento de la eutrofización al portar una cantidad importante de fósforo y nitrógeno. La eutrofización consiste en que la presencia excesiva de materia orgánica en el agua (nutrientes) de un río, lago o embalse provoca un crecimiento rápido de algas y otras plantas verdes que recubren la superficie del agua e impiden el paso de luz solar a las capas inferiores. Podría parecer a primera vista que es bueno que las aguas estén bien repletas de nutrientes, porque así podrían vivir más fácilmente los seres vivos. Pero la situación no es tan sencilla. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las algas y otras plantas verdes como ya se ha comentado. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad.

El proceso de putrefacción consume una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos. El resultado final es un ecosistema casi destruido.

Cuando un lago o embalse es pobre en nutrientes (oligotrófico) tiene las aguas claras, la luz penetra bien, el crecimiento de las algas es pequeño y mantiene a pocos animales. Las plantas y animales que se encuentran son los característicos de aguas bien oxigenadas como las truchas.

Al ir cargándose de nutrientes el lago se convierte en eutrófico. Crecen las algas en gran cantidad con lo que el agua se enturbia. Las algas y otros organismos, cuando mueren, son descompuestos por la actividad de las bacterias con lo que se gasta el oxígeno. No pueden vivir peces que necesitan aguas ricas en oxígeno, por eso en un lago de estas características encontraremos barbos, percas y otros organismos de aguas poco ventiladas. En algunos casos se producirán putrefacciones anaeróbicas acompañadas de malos olores. Las aguas son turbias y de poca calidad desde el punto de vista del consumo humano o de su uso para actividades deportivas. El fondo del lago se va rellenando de sedimentos y su profundidad va disminuyendo.

Los nutrientes que más influyen en el proceso de eutrofización del agua son los fosfatos y los nitratos. En algunos ecosistemas el factor limitante es el fosfato, como sucede en la mayoría de los lagos de agua dulce, pero en muchos mares el factor limitante es el nitrógeno para la mayoría de las especies de plantas.

En los últimos 20 o 30 años las concentraciones de nitrógeno y fósforo en muchos mares y lagos casi se han duplicado. La mayor parte les llega por los ríos. En el caso del nitrógeno, una elevada proporción (alrededor del 30%) llega a través de la contaminación atmosférica. El nitrógeno es más móvil que el fósforo y puede ser lavado a través del suelo o saltar al aire por evaporación del amoníaco o por desnitrificación. El fósforo es absorbido con más facilidad por las partículas del suelo y es arrastrado por la erosión erosionadas o disuelto por las aguas de escorrentía superficiales.

En condiciones naturales entra a un sistema acuático menos de 1Kg de fosfato por hectárea y año. Con los vertidos humanos esta cantidad sube mucho. Durante muchos años los jabones y detergentes fueron los principales causantes de este problema. En las décadas de los 60 y 70 el 65% del peso de los detergentes era un compuesto de fósforo, el tripolifosfato sódico, que se usaba para "sujetar" (quelar) a los iones Ca, Mg, Fe y Mn. De esta forma se conseguía que estos iones no impidieran el trabajo de las moléculas surfactantes que son las que hacen el lavado. Estos detergentes tenían

alrededor de un 16% en peso de fósforo. El resultado era que los vertidos domésticos y de lavanderías contenían una gran proporción de ion fosfato. A partir de 1973 Canadá primero y luego otros países, prohibieron el uso de detergentes que tuvieran más de un 2,2% de fósforo, obligando así a usar otros quemantes con menor contenido de este elemento. Algunas legislaciones han llegado a prohibir los detergentes con más de 0,5% de fósforo.

Las fuentes de eutrofización son de dos tipos:

-Naturales: la eutrofización es un proceso que se va produciendo lentamente de forma natural en todos los lagos del mundo, porque todos van recibiendo nutrientes.

-De origen humano: los vertidos humanos aceleran el proceso hasta convertirlo, muchas veces, en un grave problema de contaminación. Las principales fuentes de eutrofización de este tipo son:

- los vertidos urbanos: llevan detergentes y desechos orgánicos.
- los vertidos ganaderos y agrícolas: aportan fertilizantes, desechos orgánicos y otros residuos ricos en fosfatos y nitratos.

Para conocer el nivel de eutrofización de un agua determinada se suele medir el contenido de clorofila de algas en la columna de agua y este valor se combina con otros parámetros como el contenido de fósforo y de nitrógeno y el valor de penetración de la luz.

Lo más eficaz para luchar contra este tipo de contaminación es disminuir la cantidad de fosfatos y nitratos en los vertidos, usando detergentes con baja proporción de fosfatos, empleando menor cantidad de detergentes, no abonando en exceso los campos, usando los desechos agrícolas y ganaderos como fertilizantes, en vez de verterlos, etc. En concreto:

- Tratar las aguas residuales en EDAR (estaciones depuradoras de aguas residuales) que incluyan tratamientos biológicos y químicos que eliminan el fósforo y el nitrógeno.
- Almacenar adecuadamente el estiércol que se usa en agricultura.
- Usar los fertilizantes más eficientemente.
- Cambiar las prácticas de cultivo a otras menos contaminantes. Así, por ejemplo, retrasar el arado y la preparación de los campos para el cultivo hasta la primavera y plantar los cultivos de cereal en otoño asegura tener cubiertas las tierras con vegetación durante el invierno con lo que se reduce la erosión. Reducir las emisiones de NOx y amoníaco.

Por otra parte, la descomposición de la biomasa generada consume oxígeno empobreciendo el medio de este elemento vital. Todo ello con unas consecuencias gravísimas para el ecosistema. Este es uno de los problemas más graves de contaminación.

Por si esto no fuera poco, también traen numerosos microorganismos entre los que puede haber una cantidad considerable de patógenos. Además al cauce le pueden llegar ciertos compuestos químicos tóxicos o inhibidores de otros seres vivos.

- Formación de malos olores.

También debidos a la comentada disminución del oxígeno disuelto.

- Problema de salud pública debido a los contaminantes microbiológicos del ARU:

Las dos vertientes básicas del problema-raíz, dan lugar a su vez a una larga lista de problemas derivados que perjudican el bienestar de la sociedad. Las ARU pueden dar lugar a problemas (entre muchos otros) tales como:

- Inutilización de masas de agua que debido a vertidos de ARU, podrían dejar de ser aptas para distintos usos (consumo humano, riego, baño/recreo,.....)
- Desaparición de especies asociadas al medio receptor que debido a la contaminación del ARU, hacen que el medio se les vuelva adverso y mueran (por ejemplo especies piscícolas amenazadas, flora acuática amenazada.....) {CREO q iría en el punto anterior }
- Propagación de enfermedades infecciosas y de otros tipos.
- En el caso de cuencas hidrográficas, pueden generarse tensiones político-sociales, puesto que los habitantes aguas abajo de los vertidos se pueden sentir perjudicados por el deterioro del cauce a su paso por su región.

Como no podía ser de otra manera, surgió toda una rama dentro de la ingeniería sanitaria que se ha ocupado de estudiar el problema de la depuración de las aguas residuales (urbanas) y que gracias a una serie de procesos, permite regenerar el agua hasta llevarla a un nivel de calidad tal que su impacto es mínimo, eliminando los problemas a los que hemos hecho mención e incluso, permitiendo volver a utilizar para muchos usos, un agua que inicialmente estaba fuertemente contaminada.

Por tanto, podemos decir que una EDAR es una instalación en la que el agua residual urbana es convenientemente tratada mediante una serie de procesos que permiten devolverla al medio con unos parámetros físicoquímicos y microbiológicos tales que su impacto ambiental y el problema potencial de salud pública, se reducen o eliminan e incluso, si así se diseña el proceso, se puede regenerar el agua y hacerla apta de nuevo para usos como agua para procesos industriales, riego, baldeo,.....

Sin embargo, la depuración de las ARUs en las EDAR tiene un coste económico (tanto en inversión inicial como de explotación/mantenimiento, del cual hablaremos con más detalle en el punto X- ...) por lo que de manera “natural”, no resulta totalmente obvio que las sociedades dediquen recursos económicos a la depuración, aun sabiendo que la depuración es la solución a toda una serie de problemas de tipo medioambiental y de salud pública. Por ello, ha tenido que desarrollarse una legislación específica que “obliga” a que se depuren las aguas residuales tanto las urbanas como las industriales.

Es obvio que los poderes públicos, en el ejercicio de sus funciones, tienen como fin el interés general. Por ello, han tenido que desarrollar todo un marco normativo legal (en materia de depuración de aguas) para resolver ese doble problema ambiental y de salud pública que se le planteaba a la sociedad debido a las aguas residuales (urbanas, en nuestro caso). Para ilustrar la vertiente del marco normativo legal al que hacemos alusión, vamos a mencionar aquí simplemente algunas normas básicas en materia de depuración de ARU (ya que se profundizará en dicho marco legal en el punto 2-Legislación vigente):

Directiva 2000/60/CE: Directiva Marco del Agua.

Directiva 91/271/CE: Sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas.

RD 11/95: Por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de la ARU.

De esta manera, la necesidad de depurar las ARU viene suscitada, en primer lugar, para evitar los problemas medioambientales y de salud pública, y en segundo lugar, porque el marco normativo legal lo impone (aunque como decíamos anteriormente, lo segundo se deriva de lo primero).

En cuanto a la acción ciudadana: ¿qué podemos hacer para mejorar la calidad de las aguas? Principalmente evitar la contaminación del agua y ahorrar agua.

- No permitir que la gasolina, los aceites, u otros líquidos nocivos se escapen y se mezclen con el agua.

- No permitir el vertido de los residuos domésticos al agua.

- No tirar productos químicos domésticos en el fregadero o sumidero.

- Generar el mínimo posible de basuras: utilizar el mínimo indispensable de papel y de plástico, por ejemplo.

- Lavando, utilizar la mínima cantidad de lejía y de detergente, o, por lo menos, usar uno con la mínima cantidad de fosfatos.

- No tirar al retrete lo que no se deba.

- En el jardín o en el huerto, evitad al máximo utilizar plaguicidas y otros elementos químicos.

- La compañía de agua dispone de servicios y aparatos para ahorrar agua. Infórmese.

- Controlar que los grifos y los retretes no pierdan agua.

- Llenar bien de ropa la lavadora antes de lavar.

- No dejar el grifo abierto mientras se afeita, se cepilla los dientes o se lava las manos.

- Regar el jardín y las plantas con medida.

1.3-Las aguas residuales: características

El conocimiento de la naturaleza del agua residual es fundamental de cara al proyecto y explotación de las infraestructuras tanto de recogida como de tratamiento y evacuación de las aguas residuales, así como para la gestión de la calidad del medio ambiental.

1-Características Físicas, Químicas y Biológicas del Agua Residual.

A continuación se describen brevemente los constituyentes físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales, los contaminantes importantes y métodos de análisis

1.1 Constituyentes de las aguas residuales.

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica. La tabla 1 muestra las principales propiedades físicas de agua residual, así como sus principales constituyentes químicos y biológicos y su procedencia:

Características	Procedencia
-Propiedades físicas:	
-Color	Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica
-Olor	Agua residual en descomposición, residuos industriales
-Sólidos	Agua de suministro, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas
-Temperatura	Aguas residuales domésticas e industriales
-Constituyentes químicos:	
-Orgánicos:	
-Carbohidratos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
-Grasas animales, aceites y grasas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
-Pesticidas	Residuos agrícolas
-Fenoles	Vertidos industriales
-Proteínas	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
-Contaminantes prioritarios	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
-Agentes tensoactivos	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
-Compuestos orgánicos volátiles	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales
-Otros	Degradación natural de materia orgánica
-Inorgánicos:	
-Alcalinidad	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea
-Cloruros	Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea
-Metales pesados	Vertidos industriales
-Nitrógeno	Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas
-pH	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales

-Fósforo	Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de escorrentía
-Contaminantes	Aguas residuales domésticas, industriales y prioritarios comerciales
-Azufre	Aguas de suministro; aguas residuales domésticas, comerciales e industriales
-Gases:	
-Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de residuos domésticos
-Metano	Descomposición de residuos domésticos
-Oxígeno	Agua de suministro; infiltración de agua superficial
-Constituyentes biológicos	
-Animales	Cursos de agua y plantas de tratamiento
-Plantas	Cursos de agua y plantas de tratamiento
-Protistas:	
-Eubacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento
-Arqueobacterias	Aguas residuales domésticas, infiltración de agua superficial, plantas de tratamiento
-Virus	Aguas residuales domésticas

1.2 Contaminantes de Importancia en el Tratamiento del Agua Residual.

En la tabla 2 se describen los contaminantes de interés en el tratamiento del agua residual. Las normas que regulan los tratamientos secundarios están basadas en las tasas de eliminación de la materia orgánica, sólidos en suspensión y patógenos presentes en el agua residual. Cuando se pretende reutilizar el agua residual, las exigencias normativas incluyen también la eliminación de compuestos orgánicos refractarios, metales pesados y en algunos casos, sólidos inorgánicos disueltos.

Contaminantes	Razón de la importancia
-Sólidos en suspensión	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático
-Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y la DQO (demanda química de oxígeno). Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas
-Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio

	de los organismos patógenos presentes en el agua residual
-Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también pueden provocar la contaminación del agua subterránea
-Contaminantes prioritarios	Son compuestos orgánicos o inorgánicos prioritarios determinados en base a su carcinogenicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguda conocida o sospechada. Muchos de estos compuestos se hallan presentes en el agua residual
-Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, los fenoles y los pesticidas agrícolas
-Metales pesados	Los metales pesados son, frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales, y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual
-Sólidos inorgánicos disueltos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua, y es posible que se deban eliminar si se va a reutilizar el agua residual

1.3 Métodos analíticos.

Para la caracterización del agua residual se emplean tanto métodos de análisis cuantitativos, para la determinación precisa de la composición química del agua residual, como análisis cualitativos para el conocimiento de las características físicas y biológicas. Los métodos cuantitativos pueden ser gravimétricos, volumétricos o fisicoquímicos. Estos últimos se utilizan para determinar parámetros no relacionados con las propiedades másicas o volumétricas del agua

2 .Características Físicas: Definición y Utilidad.

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad.

2.1 Sólidos totales. Analíticamente, se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación a entre 103 y 105 °C. No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor. Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica (cono de Imhoff) en el transcurso de un período de 60 min.

Los sólidos sedimentables, expresados en unidades de ml/l, constituyen una medida aproximada de la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual. Los sólidos totales, o residuo de la evaporación, pueden clasificarse en filtrables o no filtrables (sólidos en suspensión) haciendo pasar un volumen conocido de líquido por un filtro. Para este proceso de separación suele emplearse un filtro de fibra de vidrio (Whatman GF/C), con un tamaño nominal de poro de 1,2 μ m, aunque también suele emplearse filtro de membrana de polycarbonato. Es conveniente destacar que los resultados que se obtienen empleando ambos tipos de filtro pueden presentar algunas diferencias, achacables a la diferente estructura de los filtros.

La fracción filtrable de los sólidos corresponde a sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal está compuesta por las partículas de materia de tamaños entre 0,001 y 1 μ m. Los sólidos disueltos están compuestos de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones en disolución en el agua. No es posible eliminar la fracción coloidal por sedimentación, normalmente para eliminar la fracción coloidal es necesaria la oxidación biológica o la coagulación complementadas con la sedimentación.

Cada una de las categorías de los sólidos comentadas hasta ahora, puede ser, a su vez dividida en función de su volatilidad a 550 \pm 50 $^{\circ}$ C. A esta temperatura, la fracción orgánica se oxidará y desaparecerá en forma de gas, quedando la fracción inorgánica en forma de cenizas. De ahí que se empleen los términos de sólidos volátiles y sólidos fijos para hacer referencia, respectivamente, a los componentes orgánicos e inorgánicos (o minerales) de los sólidos en suspensión. A la temperatura de 550 \pm 50 $^{\circ}$ C, la descomposición de las sales inorgánicas se limita al caso del carbonato de magnesio, que se descompone en óxido de magnesio y dióxido de carbono, al alcanzar la temperatura de 350 $^{\circ}$ C. De las sales inorgánicas, la más frecuente y preponderante es el carbonato de calcio, que se mantiene estable hasta una temperatura de 825 $^{\circ}$ C. El análisis de sólidos volátiles se emplea habitualmente para determinar la estabilidad biológica de fangos de aguas residuales.

2.2 Olores. Normalmente, los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable, que resulta más tolerable que el del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica es el debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfuros por acción de microorganismos anaerobios. Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismos, o compuestos con tendencia a producir olores durante los diferentes procesos de tratamiento.

La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

2.2.1 Detección de olores. Los compuestos malolientes responsables de la tensión psicológica que se produce en los seres humanos se detectan a través del sentido del olfato, pero aún hoy en día se desconoce exactamente el mecanismo involucrado en dicha detección.

2.2.2. Caracterización y medida de los olores. Para la completa caracterización de un olor se sugieren cuatro factores independientes: la intensidad, el carácter, la sensación de desagradado y la detectabilidad, aun cuando hasta la actualidad el único factor considerado en el desarrollo de las normativas reguladoras de los malos olores ha sido la detectabilidad.

Los olores pueden medirse con métodos sensoriales, mientras que las concentraciones de olores específicos pueden determinarse con métodos instrumentales.

3 Estudios de Caracterización del Agua Residual. Los estudios de caracterización del agua residual están encaminados a determinar:

- Las características físicas, químicas y biológicas del agua y las concentraciones de los constituyentes del agua residual.
- Los medios óptimos para reducir las concentraciones de contaminantes.

Las técnicas de muestreo utilizadas en un estudio del agua residual deben asegurar la obtención de muestras representativas, ya que los datos que se deriven de los análisis de dichas muestras serán, en definitiva, la base para el proyecto de las instalaciones de tratamiento.

1.4-E.D.A.R.I.: conceptos

1.4.1- Definición de E.D.A.R.I. Caracterización de una E.D.A.R.I.

Se puede definir una E.D.A.R.I. como una Estación Depuradora de Aguas Residuales Industriales, que recoge el agua residual de una industria, y la somete a un proceso en el que, por combinación de diversos tratamientos físicos, químicos y/o biológicos, se consigue eliminar en primer lugar las materias en suspensión, las sustancias coloidales y, finalmente, las sustancias disueltas, pudiendo devolverlas a un cauce receptor (un río, mar, embalse...).

Para las plantas industriales llamadas EDARI, podemos efectuar su caracterización, de una manera general, según las siguientes propiedades:

- Materia prima principal:** Agua residual de los procesos industriales de la empresa.
- Calidad de la materia prima:** Depende de la empresa donde se ubica la E.D.A.R.I.
- Volumen de materia prima a tratar:** Variable a lo largo del día y a lo largo del año.
- Otras materias primas utilizadas:** Energía eléctrica, reactivos químicos (y aire).
- Producto principal:** Agua depurada (regenerada).
- Calidad del producto:** Parámetros de calidad de salida con un estándar mínimo (impuesto por ley).
- Subproductos:** Lodos y residuos sólidos (en plantas grandes, se genera biogás e incluso energía eléctrica).
- Tipo de proceso productivo:** En continuo o discontinuo.
- Interrumpibilidad:** Depende de la empresa donde se ubica la E.D.A.R.I.
- Necesidades de mano de obra:** Según sea el tamaño de la empresa donde esté la E.D.A.R.I.
- Nivel de complejidad del proceso productivo:** Depende de la empresa donde se ubica la E.D.A.R.I.

-Dificultad de explotación: Depende de la empresa donde se ubica la E.D.A.R.I.

-Grado de automatización: Depende del tamaño de la empresa donde se ubica la E.D.A.R.I.

1.4.2- Tipos de E.D.A.R.I.

Las E.D.A.R. o E.D.A.R.I. se clasifican de diversas maneras; una de ellas es dependiendo del grado de complejidad y tecnología utilizada. Se citan de manera general, en el apartado correspondiente profundizaremos en ello:

- **Tecnologías convencionales** (tratamientos para la eliminación de materia en suspensión, materia disuelta y tratamientos biológicos).
- **Tecnologías emergentes** (oxidación y membranas).

Existen dos tipos; las urbanas, que son las que propiamente llamamos **E.D.A.R.** y las industriales, a las cuales llamamos **E.D.A.R.I.** La principal diferencia que hay entre ambos tipos es que en las E.D.A.R. el agua residual proviene de un núcleo de población, y en las E.D.A.R.I. provienen de una o varias industrias.

1.5-Objetivos de una E.D.A.R.I.

Los objetivos básicamente son eliminar la contaminación lo máximo posible y proteger el medio ambiente:

- **Conseguir una reducción máxima de la contaminación.**
- **Eliminar residuos, grasas, aceites, flotantes, arenas, etc. y evacuarlos a un punto de destino final adecuado.**
- **Eliminar materias decantables orgánicas y/o inorgánicas.**
- **Eliminar materia orgánica.**
- **Eliminar los compuestos con amoníaco y fósforo (en aquellas que viertan a zonas sensibles).**
- **Transformar los residuos retenidos en lodos o fangos estables y velar porque sean utilizados correctamente.**
- **Ahorrar energía y conseguir aprovechar los residuos obtenidos.**
- **Obtener una mejor calidad de vida tanto de la naturaleza como de las personas.**

1.6-Factores a tener en cuenta en la instalación de una E.D.A.R.I.

Aparte de lo mencionado en el 1.2 sobre el marco normativo legal, que tiene que ver con los límites de calidad del vertido y las garantías que éste debe cumplir con la Directiva 2000/60/CE : Directiva Marco del Agua y la Directiva 91/271/CE: Sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas, junto con el RD 11/95, aparte de La Comisaría de Aguas correspondiente a la cuenca pertinente, existen además otros factores igualmente importantes a tener en cuenta a la hora de instalar una E.D.A.R.I:

- **Cuál va a ser el impacto ambiental.**
- **Cómo se van a tratar los residuos generados: basura y biosólidos (fangos).**
- **Coste del suelo.**
- **Posibilidad de reutilizar el efluente, total o parcialmente.**
- **Número de trabajadores de la empresa.**
- **Nivel de profesionalización del personal requerido.**

1.7-Ubicación de una E.D.A.R.I.

Cuando se va a instalar una E.D.A.R.I. se tienen en cuenta una serie de factores en cuanto a su ubicación:

- **La superficie de terreno necesario.**
- **La distancia a la industria.**
- **Impacto ambiental.**
- **Si la instalación va a ser abierta o cerrada.**
- **Desprendimiento de olores.**
- **Otros factores ambientales y climatológicos que se den en la zona, tales como la presión atmosférica, la velocidad y dirección del viento, la humedad y temperatura.**

1.8-Procesos en una E.D.A.R.I.

Como ya se ha comentado, las E.D.A.R.I. pueden clasificarse según los tipos de **tecnologías (convencionales y emergentes)** de los procesos que se dan en ella para depurar las aguas residuales industriales. Los describiremos después.

A la hora de medir el nivel de calidad del tratamiento de las aguas residuales se emplean una serie de **determinaciones analíticas**:

-Sólidos en suspensión o materias en suspensión: Corresponden a las materias sólidas de tamaño superior a 1 μm independientemente de que su naturaleza sea orgánica o inorgánica. Gran parte de estos sólidos son atraídos por la gravedad terrestre en periodos cortos de tiempo por lo que son fácilmente separables del agua residual cuando ésta se mantiene en estanques que tengan elevado tiempo de retención del agua residual.

-D.B.O.5 (Demanda biológica o bioquímica de oxígeno): Mide la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos del agua para estabilizar ese agua residual en un periodo normalizado de 5 días. Cuanto más alto es el valor peor calidad tiene el agua.

·D.Q.O. (Demanda Química de Oxígeno): Es el oxígeno equivalente necesario para estabilizar la contaminación que tiene el agua, pero para ello se emplean oxidantes químico-energéticos.

-Nitrógeno. Las formas predominantes de nitrógeno en el agua residual son las amoniacales (amonio-amoniaco), nitrógeno orgánico, nitratos y nitritos.

-Fósforo: bien como fósforo total, bien como ortofosfato disuelto.

Para depurar las aguas residuales urbanas, es decir, para mejorar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua, hay **tres fases** sucesivas de tratamiento en cuanto a las **tecnologías convencionales** se refiere. La calidad del agua de salida de cada una de estas tres fases (que luego se analizarán en profundidad) en términos generales, va mejorando al ir avanzando por cada una de ellas. Los tratamientos a los que se deben someter los efluentes tienen que garantizar la eliminación o recuperación del compuesto orgánico en el grado requerido por la **legislación** que regula el vertido del efluente o para garantizar las condiciones mínimas del proceso en el caso de reutilización o recirculación de la corriente para uso interno.

En cuanto a las **tecnologías convencionales**, podemos decir que el tratamiento de las aguas residuales es una práctica que, si bien se lleva realizando desde la antigüedad, hoy por hoy resulta algo fundamental para mantener nuestra calidad de vida. Son muchas las técnicas de tratamiento con larga tradición y, evidentemente, se ha mejorado mucho en el conocimiento y diseño de las mismas a lo largo de los años. Pero no por eso han dejado de ser técnicas imprescindibles a la hora de tratar aguas industriales, y son las que, de una forma rápida, se pretenden exponer en el presente capítulo. A la hora de revisar los tratamientos unitarios más convencionales no resulta fácil establecer una clasificación universal. Una de las formas más utilizadas es en función de los contaminantes presentes en el agua residual, o también en función del fundamento del tratamiento (químico, físico o biológico). Una forma de intentar aunar ambas formas de clasificación puede ser considerar que los contaminantes en el agua pueden estar como materia en suspensión, materia coloidal o materia disuelta.

Las **tres fases** de tratamiento referentes a las **tecnologías convencionales** son:

1) Pretratamientos o Tratamientos para la eliminación de materia en suspensión.

La materia en suspensión puede ser de muy diversa índole, desde partículas de varios centímetros y muy densas (normalmente inorgánicas), hasta suspensiones coloidales muy estables y con tamaños de partícula de hasta unos pocos nanómetros (normalmente de naturaleza orgánica). También la concentración de los mismos, tanto en el agua a tratar como en el agua una vez tratada, juega un papel fundamental a la hora de la elección del tratamiento más conveniente. Las operaciones para eliminar este tipo de contaminación de aguas suelen ser las primeras en efectuarse, dado que la

presencia de partículas en suspensión suele no ser indeseable en muchos otros procesos de tratamiento. La eliminación de esta materia en suspensión se suele hacer mediante operaciones mecánicas. Sin embargo, en muchos casos, y para favorecer esa separación, se utilizan aditivos químicos, denominándose en este caso tratamientos químico-físicos. A continuación se describen las operaciones unitarias más habituales. La utilización de una u otra es función de las características de las partículas (tamaño, densidad, forma, etc.) así como de la concentración de las mismas.

1.1 - Desbaste

Es una operación en la que se trata de eliminar sólidos de mayor tamaño que el que habitualmente tienen las partículas que arrastran las aguas. El objetivo es eliminarlos y evitar que dañen equipos posteriores del resto de tratamientos. Suele ser un tratamiento previo a cualquier otro. El equipo que se suele utilizar son rejillas por las que se hace circular el agua, construidas por barras metálicas de 6 o más mm, dispuestas paralelamente y espaciadas entre 10 y 100 mm. Se limpian con rastrillos que se accionan normalmente de forma mecánica. En otros casos, si el tipo de sólidos lo permite, se utilizan trituradoras, reduciendo el tamaño de sólidos y separándose posteriormente por sedimentación u otras operaciones.

1.2 - Sedimentación o decantación

Operación física en la que se aprovecha la fuerza de la gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir, cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación, siendo el principal parámetro de diseño para estos equipos. A esta operación de sedimentación se le suele denominar también decantación. Realmente, este tipo de partículas (grandes y densas, como las arenas) se tienen en pocas ocasiones en aguas industriales. Lo más habitual es encontrar sólidos poco densos, por lo que es necesario, para hacer más eficaz la operación, llevar a cabo una coagulación-floculación previa, que como se explicará más adelante, consiste en la adición de ciertos reactivos químicos para favorecer el aumento del tamaño y densidad de las partículas. La forma de los equipos donde llevar a cabo la sedimentación es variable, en función de las características de las partículas a sedimentar (tamaño, forma, concentración, densidad, etc.).

-Sedimentadores rectangulares: La velocidad de desplazamiento horizontal del agua es constante y se suelen utilizar para separar partículas densas y grandes (arenas). Este tipo de sedimentación se denomina discreta, dado que las partículas no varían sus propiedades físicas a lo largo del desplazamiento hacia el fondo del sedimentador. Suelen ser equipos poco profundos, dado que, al menos teóricamente, este parámetro no influye en la eficacia de la separación, siendo el principal parámetro el área horizontal del mismo.

-Sedimentadores circulares: Son más habituales. En ellos el flujo de agua suele ser radial desde el centro hacia el exterior, por lo que la velocidad de desplazamiento del agua disminuye al alejarnos del centro del sedimentador. Esta forma de operar es adecuada cuando la sedimentación va acompañada de una floculación de las partículas, en las que el tamaño de flóculo aumenta al descender las partículas, y por lo tanto aumenta su velocidad de sedimentación.

-Sedimentadores lamelares: Han surgido como alternativa a los sedimentadores poco profundos, al conseguirse una mayor área de sedimentación en el mismo espacio. Consisten en tanques de poca profundidad que contienen paquetes de placas (lamelas) o tubos inclinados respecto a la base, y por cuyo interior se hace fluir el agua de manera ascendente. En la superficie inferior se van acumulando las partículas, desplazándose de forma descendente y recogiendo en el fondo del sedimentador. Las partículas depositadas en el fondo de los equipos (denominados fangos) se arrastran mediante rasquetas desde el fondo donde se “empujan” hacia la salida. Estos fangos, en

muchas ocasiones y en la misma planta de tratamiento, se someten a distintas operaciones para reducir su volumen y darles un destino final.

1.3 - Filtración

La filtración es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión. El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable, dispuesta en distintas capas de distinto tamaño de partícula, siendo la superior la más pequeña y de entre 0.15 y 0.3 mm. Es una operación muy utilizada en el tratamiento de aguas potables, así como en el tratamiento de aguas para reutilización, para eliminar la materia en suspensión que no se ha eliminado en anteriores operaciones (sedimentación). En aguas industriales hay más variedad en cuanto al material filtrante utilizado, siendo habitual el uso de Tierra de Diatomeas. También es habitual, para mejorar la eficacia, realizar una coagulación-floculación previa.

Hay muchas maneras de clasificar los sistemas de filtración: Por gravedad o a presión, lenta o rápida, de torta o en profundidad.

- **Filtración por gravedad:** El agua circula verticalmente y en descenso a través del filtro por simple gravedad. Dentro de este tipo, podemos hablar de dos formas de operar, que nos lleva a tener una filtración lenta, apenas utilizados actualmente, o una filtración rápida. El mecanismo de la separación de sólidos es una combinación de asentamiento, retención, adhesión y atracción, por lo que se eliminan partículas mucho menores que el espacio intersticial. Es un sistema muy utilizado en tratamiento para aguas potables.

- **Filtración por presión.** Normalmente están contenidos en recipientes y el agua se ve forzada a atravesar el medio filtrante sometida a presión. También en este caso puede haber filtración lenta, en la que en la superficie del filtro se desarrolla una torta filtrante donde la filtración, a través de esa superficie, es por mecanismos físicos y biológicos. Por otro lado, en la filtración rápida se habla de filtración en profundidad, es decir, cuando la mayor parte de espesor de medio filtrante está activo para el proceso de filtración y la calidad del filtrado mejora con la profundidad. Esta filtración a presión se suele utilizar más en aguas industriales. En la actualidad y en algunas de sus aplicaciones, estos métodos están siendo desplazados por operaciones con membranas, especialmente por microfiltración, de las que se hablará en el capítulo correspondiente.

1.4 - Flotación

Operación física que consiste en generar pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, de donde son arrastradas y sacadas del sistema. Obviamente, esta forma de eliminar materia en suspensión será adecuada en los casos en los que las partículas tengan una densidad inferior o muy parecida a la del agua, así como en el caso de emulsiones, es decir, una dispersión de gotas de un líquido inmiscible, como en el caso de aceites y grasas. En este caso las burbujas de aire ayudan a “flotar” más rápidamente estas gotas, dado que generalmente la densidad de estos líquidos es menor que la del agua. En esta operación hay un parámetro importante a la hora del diseño: La relación aire/sólidos, ml/l de aire liberados en el sistema por cada mg/l de concentración de sólidos en suspensión contenidos en el agua a tratar. Es un dato a determinar experimentalmente y suele tener un valor óptimo comprendido entre 0.005 y 0.06. En el tratamiento de aguas se utiliza aire como agente de flotación, y en función de cómo se introduzca en el líquido, se tienen dos sistemas de flotación:

- **Flotación por aire disuelto (DAF):** En este sistema el aire se introduce en el agua residual bajo una presión de varias atmósferas. Los elementos principales de estos equipos son la bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el tanque de retención o saturador y la unidad de flotación propiamente dicha, donde tiene lugar la reducción brusca de la presión, por lo que el aire disuelto se libera, formando multitud de microburbujas de aire.

- **Flotación por aire inducido:** La operación es similar al caso anterior, pero la generación de burbujas se realiza a través de difusores de aire, normalmente situados en la parte inferior del equipo de flotación, o bien inducidas por rotores o agitadores. En este caso el tamaño de las burbujas inducidas es mayor que en el caso anterior.

1.5 - Coagulación-Floculación

Como ya se ha mencionado en varias ocasiones, en muchos casos parte de la materia en suspensión puede estar formada por partículas de muy pequeño tamaño (10^{-6} – 10^{-9} m), lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas. Por tanto tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico. Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Es una operación que se utiliza a menudo, tanto en el tratamiento de aguas residuales urbanas y potables como en industriales (industria de la alimentación, pasta de papel, textiles, etc.)

Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe^{3+} , Al^{3+}) junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación:

- **Sales de Fe^{3+} :** Pueden ser Cl_3Fe o $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, con eficacia semejante. Se pueden utilizar tanto en estado sólido como en disoluciones. La utilización de una u otra está en función del anión, si no se desea la presencia de cloruros o sulfatos.

- **Sales de Al^{3+} :** Suele ser $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ o policloruro de aluminio. En el primer caso es más manejable en disolución, mientras que en el segundo presenta la ventaja de mayor porcentaje en peso de aluminio por kg dosificado.

- **Polielectrolitos:** Pueden ser polímeros naturales o sintéticos, no iónicos (poliacrilamidas) aniónicos (ácidos poliacrílicos) o catiónicos (polivinilaminas). Las cantidades a dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el coste es mucho mayor.

2) Tratamientos para la eliminación de materia disuelta

Al igual que en el caso de la materia en suspensión, la materia disuelta puede tener características y concentraciones muy diversas: desde grandes cantidades de sales inorgánicas disueltas (salmueras) orgánicas (materia orgánica biodegradable en industria de alimentación) hasta extremadamente pequeñas cantidades de inorgánicos (metales pesados) y orgánicos (pesticidas) pero necesaria su eliminación dado su carácter peligroso. Algunos de estos tratamientos están siendo desplazados por otros más avanzados y emergentes, como son los procesos de oxidación avanzada y las operaciones

con membrana, y especialmente en el caso de las aguas industriales. Por esta razón, merecen una mayor atención y se describirán en capítulos dedicados exclusivamente a ellos.

2.1) Precipitación

Consiste en la eliminación de una sustancia disuelta indeseable, por adición de un reactivo que forme un compuesto insoluble con el mismo, facilitando así su eliminación por cualquiera de los métodos descritos en la eliminación de la materia en suspensión. Algunos autores incluyen en este apartado la coagulación-floculación. Sin embargo, el término precipitación se utiliza más para describir procesos como la formación de sales insolubles, o la transformación química de un ión en otro con mayor o menor estado de oxidación que provoque la formación de un compuesto insoluble. Un reactivo de muy frecuente uso en este tipo de operaciones es el Ca^{2+} , dada la gran cantidad de sales insolubles que forma, por ejemplo es el método utilizado para la eliminación de fosfatos (nutriente). Además posee cierta capacidad coagulante, lo que hace su uso masivo en aguas residuales urbanas y muchas industriales de características parecidas.

2.2) Procesos Electroquímicos

Está basado en la utilización de técnicas electroquímicas, haciendo pasar una corriente eléctrica a través del agua (que necesariamente ha de contener un electrolito) y provocando reacciones de oxidación-reducción tanto en el cátodo como en el ánodo. Por tanto se utiliza energía eléctrica como vector de descontaminación ambiental, siendo su coste uno de las principales desventajas de este proceso. Sin embargo como ventajas cabe destacar la versatilidad de los equipos, la ausencia tanto de la utilización de reactivos como de la presencia de fangos y la selectividad, pues controlar el potencial de electrodo permite seleccionar la reacción electroquímica dominante deseada. Las consecuencias de las reacciones que se producen pueden ser indirectas, como en el caso de la electrocoagulación, electroflotación o electrofloculación, donde los productos formados por electrolisis sustituyen a los reactivos químicos, y supone una alternativa con futuro a la clásica adición de reactivos. Sin embargo, la aplicación que está tomando un auge importante es en el tratamiento de aguas residuales industriales, a través de una oxidación o reducción directa.

-Oxidación en ánodo: En el ánodo se puede producir la oxidación de los compuestos a eliminar, tanto orgánicos como inorgánicos. Esta oxidación se puede producir directamente por una transferencia de electrones en la superficie del ánodo o bien por la generación de un agente oxidante *in-situ*.

• **Reducción en cátodo:** La principal aplicación de esta posibilidad es la reducción de metales tóxicos. Se ha utilizado en situaciones, no poco frecuentes, de reducción de metales catiónicos desde varios miles de ppm's de concentración hasta valores incluso por debajo de la ppm.

El reactor electroquímico utilizado suele ser de tipo filtro-prensa, semejante a las pilas de combustible. Este sistema permite un crecimiento modular del área. Básicamente cada módulo se compone de un elemento catódico de bajo sobrevoltaje a hidrógeno (Pt, Au, Acero Inoxidable, Ni,..) y un elemento anódico que utiliza como base óxidos de metales nobles.

2.3) Intercambio Iónico

Es una operación en la que se utiliza un material, habitualmente denominado resinas de intercambio iónico, que es capaz de retener selectivamente sobre su superficie los iones disueltos en el agua, los

mantiene temporalmente unidos a la superficie, y los cede frente a una disolución con un fuerte regenerante. La aplicación habitual de estos sistemas, es por ejemplo, la eliminación de sales cuando se encuentran en bajas concentraciones, siendo típica la aplicación para la desmineralización y el ablandamiento de aguas, así como la retención de ciertos productos químicos y la desmineralización de jarabes de azúcar. Las propiedades que rigen el proceso de intercambio iónico y que a la vez determinan sus características principales son las siguientes:

- Las resinas actúan selectivamente, de forma que pueden preferir un ión sobre otro con valores relativos de afinidad de 15 o más.
- La reacción de intercambio iónico es reversible, es decir, puede avanzar en los dos sentidos.
- En la reacción se mantiene la electroneutralidad.

2.4) Adsorción

El proceso de adsorción consiste en la captación de sustancias solubles en la superficie de un sólido. Un parámetro fundamental en este caso será la superficie específica del sólido, dado que el compuesto soluble a eliminar se ha de concentrar en la superficie del mismo. La necesidad de una mayor calidad de las aguas está haciendo que este tratamiento esté en auge. Es considerado como un tratamiento de refinado, y por lo tanto al final de los sistemas de tratamientos más usuales, especialmente con posterioridad a un tratamiento biológico.

Factores que afectan a la adsorción:
Solubilidad: Menor solubilidad, mejor adsorción.
Estructura molecular: Más ramificada, mejor adsorción.
Peso molecular: Grandes moléculas, mejor adsorción.
Problemas de difusión interna, pueden alterar la norma.
Polaridad: Menor polaridad, mejor adsorción.
Grado de saturación: Insaturados, mejor adsorción.

El sólido universalmente utilizado en el tratamiento de aguas es el **carbón activo**, aunque recientemente se están desarrollando diversos materiales sólidos que mejoran, en ciertas aplicaciones, las propiedades del carbón activo. Hay dos formas clásicas de utilización de carbón activo, con propiedades diferentes y utilizado en diferentes aplicaciones:

- **Carbón activado granular (GAC).** Se suele utilizar una columna como medio de contacto entre el agua a tratar y el carbón activado, en la que el agua entra por la parte inferior y asciende hacia la superior. El tamaño de partícula en este caso es mayor que en el otro. Se suele utilizar para eliminar elementos traza, especialmente orgánicos, que pueden estar presentes en el agua, y que habitualmente han resistido un tratamiento biológico. Son elementos, que a pesar de su pequeña concentración, en muchas ocasiones proporcionan mal olor, color o sabor al agua.
- **Carbón activo en polvo (CAP).** Este tipo de carbón se suele utilizar en procesos biológicos, cuando el agua contiene elementos orgánicos que pueden resultar tóxicos. También se suele añadir al agua a tratar, y pasado un tiempo de contacto, normalmente con agitación, se deja sedimentar las partículas para su separación previa. Suelen ser operaciones llevadas a cabo en discontinuo.

2.5) Desinfección

La desinfección pretende la destrucción o inactivación de los microorganismos que puedan causarnos enfermedades, dado que el agua es uno de los principales medios por el que se transmiten. Los organismos causantes de enfermedades pueden ser bacterias, virus, protozoos y algunos otros. La desinfección se hace imprescindible para la protección de la salud pública, si el agua a tratar tiene como finalidad el consumo humano. En el caso de aguas residuales industriales, el objetivo puede ser no solo desactivar patógenos, sino cualquier otro organismo vivo, si lo que se pretende es reutilizar el agua. Para llevar a cabo la desinfección se pueden utilizar distintos tratamientos:

Tratamiento físico (calor, radiación..), ácidos o bases, etc... pero fundamentalmente se utilizan agentes oxidantes, entre los que cabe destacar el clásico Cl_2 y algunos de sus derivados, o bien procesos de oxidación avanzada (O_3 , fotocátalisis heterogénea), estos últimos estudiados en el capítulo correspondiente. La utilización de desinfectantes persigue tres finalidades: producir agua libre de patógenos u organismos vivos, evitar la producción de subproductos indeseables de la desinfección y mantener la calidad bacteriológica en la red conducción posterior. Los reactivos más utilizados son los siguientes:

- **Desinfección con cloro (Cl_2):** Es el oxidante más ampliamente utilizado.
- **Otros compuestos clorados:** El hipoclorito sódico, fabricado a partir del Cl_2 es también utilizado como desinfectante en sistemas con menores caudales de trabajo, aunque las propiedades son muy semejantes a las del Cl_2 . Otro compuesto con posibilidades de utilización es el ClO_2 , más oxidante que el cloro, no reacciona con amonio, por tanto no forma cloraminas y parece ser que la posibilidad de formación de trihalometano es mucho menor que con Cl_2 . Todas estas ventajas están abriendo nuevas posibilidades a la utilización de este compuesto para la desinfección.

3) Tratamientos biológicos

Constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes. La aplicación tradicional consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P). Es uno de los tratamientos más habituales, no solo en el caso de aguas residuales urbanas, sino en buena parte de las aguas industriales.

En la mayor parte de los casos, la materia orgánica constituye la fuente de energía y de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento. Además, también es necesaria la presencia de nutrientes, que contengan los elementos esenciales para el crecimiento, especialmente los compuestos que contengan N y P, y por último, en el caso de sistema aerobio, la presencia de oxígeno disuelto en el agua. Este último aspecto será clave a la hora de elegir el proceso biológico más conveniente. En el metabolismo bacteriano juega un papel fundamental el elemento aceptor de electrones en los procesos de oxidación de la materia orgánica. Este aspecto, además, tiene una importante incidencia en las posibilidades de aplicación al tratamiento de aguas. Atendiendo a cual es dicho aceptor de electrones distinguimos tres casos:

- **Sistemas aerobios:** La presencia de O_2 hace que este elemento sea el aceptor de electrones, por lo que se obtienen unos rendimientos energéticos elevados, provocando una importante generación de fangos, debido al alto crecimiento de las bacterias aerobias. Su aplicación a aguas residuales puede estar muy condicionada por la baja solubilidad del oxígeno en el agua.

- **Sistemas anaerobios:** En este caso el aceptor de electrones puede ser el CO_2 o parte de la propia materia orgánica, obteniéndose como producto de esta reducción el carbono en su estado más reducido, CH_4 . La utilización de este sistema, tendría, como ya se explicará, como ventaja importante, la obtención de un gas combustible.

- **Sistemas anóxicos:** Se denominan así los sistemas en los que la ausencia de O_2 y la presencia de NO_3^- hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones, transformándose, entre otros, en N_2 , elemento completamente inerte. Por tanto es posible, en ciertas condiciones, conseguir una eliminación biológica de nitratos (desnitrificación).

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, existe una gran variedad de formas de operar, dependiendo de las características del agua, así como de la carga orgánica a tratar.

3.1) Procesos biológicos aerobios

Son muchas las posibilidades de tratamiento:

- Cultivos en suspensión: Proceso de fangos activados (lodos activados), y modificaciones en la forma de operar: aireación prolongada, contacto-estabilización, reactor discontinuo secuencial (SBR).

- Cultivos fijos: Los microorganismos se pueden inmovilizar en la superficie de sólidos (biomasa soportada), destacando los filtros percoladores (también conocido como lechos bacterianos o filtros biológicos).

3.1.1) Fangos activados: Proceso básico

Consiste en poner en contacto en un medio aerobio, normalmente en una balsa aireada, el agua residual con flóculos biológicos previamente formados, en los que se adsorbe la materia orgánica y donde es degradada por las bacterias presentes. Junto con el proceso de degradación, y para separar los flóculos del agua, se ha de llevar a cabo una sedimentación, donde se realiza una recirculación de parte de los fangos, para mantener una elevada concentración de microorganismos en el interior de reactor, además de una purga equivalente a la cantidad crecida de organismos. Un esquema simplificado se muestra en la figura 2.1.

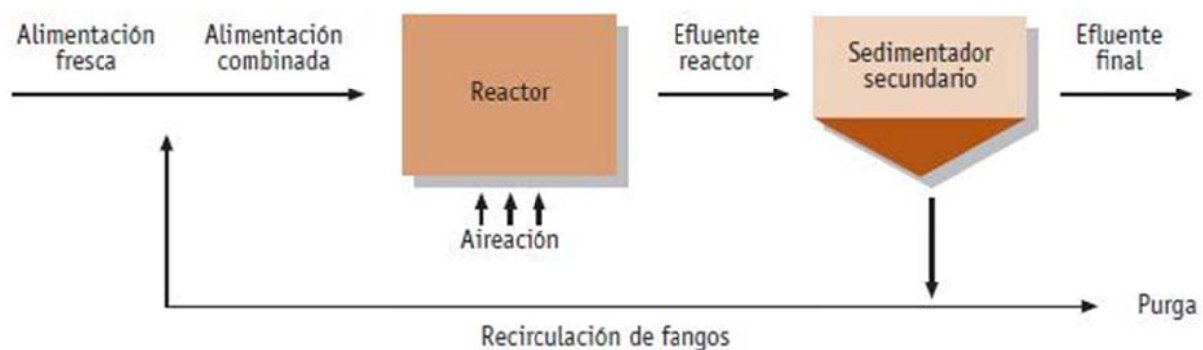


Figura 1: Proceso de fangos activados

Dentro de los parámetros básicos de funcionamiento, un parámetro muy importante es el de la aireación. La solubilidad del oxígeno en el agua es pequeña (en torno a 8-9 mgO₂/l dependiendo de presión y temperatura) por lo que será necesario asegurar el suministro a los microorganismos, utilizando aireadores superficiales, capaces de suministrar 1 kgO₂/kW·h, o bien difusores. El valor mínimo de operación aconsejable de concentración de oxígeno disuelto es de 2 mg/l. El consumo eléctrico en esta operación será importante dentro de los costes de operación del proceso.

Otro parámetro clave en el proceso se refiere al parámetro A/M, algunas veces denominada I, intensidad de carga. Se refiere a la relación entre la carga orgánica alimentada y la cantidad de microorganismos disponibles en el sistema, con unidades kgDBO₅ (o DQO) / kgSSV·día. Es un parámetro de diseño fundamental, teniendo un valor óptimo entre 0.3-0.6 para las condiciones más convencionales de funcionamiento. Además tiene una influencia determinante en la buena sedimentación posterior. La denominada “edad celular” también es un parámetro importante. Se refiere al tiempo medio que permanecen los fangos (flóculos, microorganismos) en el interior del sistema. Esta magnitud suele tener un valor de 5-8 días en condiciones convencionales de operación.

1.9-Instalaciones, equipos e instrumentación de la E.D.A.R.I.

Normalmente, en una E.D.A.R.I. se dispone de las siguientes instalaciones, equipos e instrumentación:

A) Instalaciones y equipos:

- Tuberías (fundición, aceros, poliméricas y de hormigón).
- Bombas (sumergibles, en cámara seca, dosificadoras, bombas de fangos,.....).
- Soplates, aireadores, ventiladores y compresores.
- Agitadores y equipos para almacenamiento, preparación y dosificación de reactivos.
- Filtros de arena y filtros de carbón activo (abiertos o cerrados, a presión o por gravedad).
- Decantadores centrífugos, filtros-banda y otros equipos de deshidratación mecánica.
- Torres para desodorización.
- Cintas transportadoras, polipastos, puentes-grúa y equipos de manutención y transporte
- Tolvas, silos y depósitos para almacenamiento de fluidos.
- Calderas e intercambiadores de calor.
- Motores e instalaciones de cogeneración.

B) Instalaciones y equipos específicos para tratamiento de aguas:

- Rejas automáticas.
- Tamices específicos para tratamiento de aguas residuales.
- Difusores de burbuja fina y gruesa.
- Puentes decantadores y puentes desarenadores-desengrasadores.
- Puentes espesadores y equipos de espesado por flotación.
- Concentradores de grasas y lavadores-clasificadores de arena.
- Biodiscos, rellenos específicos para fijación de biopelículas,.....
- Sistemas de separación sólido/líquido mediante membranas (MBR).
- Equipos de desinfección mediante rayos UV.
- Sistemas específicos para secado térmico de fangos.
- Sistemas específicos con tecnologías patentadas.

Dichos equipos, podríamos clasificarlos a su vez en dos tipologías:

- Equipos que no tienen un mantenimiento que pueda ser distinto a otros equipos electromecánicos (motor de accionamiento, sistema de transmisión y órganos móviles) o instalaciones que, aun siendo específicas para tratamiento de aguas, no presentan complicación respecto al mantenimiento.
- Equipos/instalaciones tan específicas que es el fabricante de las mismas el que especifica y describe en sus manuales las tareas de mantenimiento a realizar, o incluso, el fabricante ofrece servicios de mantenimiento dentro del marco de contratos de llave en mano más mantenimiento.

C) Instalaciones y equipos eléctricos y de automatización:

- Líneas de MT (aéreas y subterráneas).
- Centros de transformación (transformadores, celdas y resto de aparamenta).
- Grupos electrógenos.
- Cuadros de baja tensión (analizadores de redes, protecciones, maniobra,.....)
- Cableado en baja.
- Gestión de motores eléctricos (arrancadores estáticos, variadores de frecuencia,....).
- **Instrumentación de proceso** (caudalímetros, sondas de T, presostatos, medidores de oxígeno disuelto, medidores de nivel en continuo,.....)
- **Equipos de automatización:** Autómatas programables, redes de comunicaciones, sistemas supervisión,.....

1.10-Gestión de la utilización, explotación y mantenimiento de una E.D.A.R.I

Aquí se habla básicamente de la parte económica; los gastos que se dan en una E.D.A.R.I. en su utilización, explotación y mantenimiento

-Recursos necesarios para la explotación y mantenimiento:

Los recursos necesarios para la explotación y mantenimiento de EDAR son los siguientes:

- Materias primas
- Energía
- Capital
- Trabajo (factor humano)

Relacionado con el factor humano, es interesante desglosar un elemento que puede pasar desapercibido o no dársele la importancia que merece; este elemento es el conocimiento (know-how). Nuevamente nos encontramos con que para explotar y mantener una EDAR, los recursos necesarios son exactamente los mismos que para cualquier otra instalación industrial, sin embargo, hay ciertos matices que conviene destacar. Analicemos por encima las particularidades y matices sobre los recursos necesarios.

-Materias primas:

La materia prima principal es el agua residual industrial, y el coste de esta materia es nulo. Las otras materias primas que entrarían en juego y que variarían en función del tipo de concreto de planta, son: Reactivos químicos (polielectrolitos, hipoclorito, cloruro férrico,.....) y aire atmosférico. Los reactivos químicos son fáciles de encontrar, no hay escasez y tienen un precio de mercado que es asumible. Las plantas más pequeñas no utilizan ni siquiera reactivos.

-Energía:

En términos generales, salvo en las plantas muy pequeñas, el consumo de energía es considerable. El tipo de energía requerido es casi exclusivamente eléctrica para accionamiento de motores (bombas para transporte de líquidos/lodos, accionamiento de equipos de aireación, accionamiento de equipos de deshidratación y accionamiento de equipos varios). El principal consumo de energía eléctrica está en el accionamiento de los equipos de aireación (aireadores superficiales o sumergidos, soplantes y turbosoplantes). Le sigue el accionamiento de motores de equipos de deshidratación mecánica, compitiendo también con los equipos de bombeo. Por último, los equipos asociados a la desinfección (en las plantas en las que los haya) también pueden tener un consumo significativo de energía eléctrica (pero no ya para accionamiento de motores).

Aquellas plantas (de tamaño grande) que necesitan energía calorífica suelen autoabastecerse puesto que el proceso productivo genera biogás que se utiliza como combustible en calderas. Las plantas en las que hay secado térmico de lodos (plantas muy grandes), sí necesitan aporte de energía calorífica “externo”, tomando como fuente combustibles fósiles (gas).

En resumen, las E.D.A.R.I. tienen un consumo energético importante, siendo casi exclusivamente de energía eléctrica. En el caso de plantas de gran tamaño, también puede ser necesaria energía calorífica obtenida a partir de combustibles fósiles.

-Trabajo (factor humano):

Las necesidades de mano de obra de este tipo de plantas se podrían calificar de baja. El proceso de tratamiento es conceptualmente muy simple y todos los procesos, o son transformaciones bioquímicas hechas por microorganismos o son procesos físicos/fisicoquímicos realizados en equipos en los que interviene muy poco la mano del hombre. A nivel del mantenimiento, tal como hemos visto, las operaciones de mantenimiento son las habituales en una planta industrial que requieren un nivel de mano de obra de moderado a bajo. Tal como apuntamos, es más importante el conocimiento que se necesita para explotar y mantener las E.D.A.R.I., que la cantidad de trabajo físico que hay que realizar. El conocimiento del equipo humano que explota y mantiene una E.D.A.R.I., como en otros sectores, es la pieza clave para alcanzar con éxito los niveles de calidad y rentabilidad que se le piden hoy a este tipo de instalaciones. Esto hace que desde el punto de vista económico, el coste asociado al personal de mantenimiento y explotación sea una parte importante de los gastos totales de explotación y mantenimiento.

Como resumen, podríamos decir que, en términos generales, los costes principales de las E.D.A.R.I. son los asociados a los recursos humanos y a la energía, siendo preponderante uno u otro en función del tamaño de la planta. El coste del capital para su construcción y puesta en funcionamiento, y de las materias primas, normalmente constituyen una componente importante, pero menor respecto a la energía y los recursos humanos. Por tanto, como conclusión aplicable al mantenimiento, tendríamos (generalizando) que la mayor rentabilidad, se obtendría para las acciones de mantenimiento encaminadas a la optimización del consumo de energía o a que en la vida de la planta se reduzcan el número de horas de trabajo (debido a reparación de averías,.....).

De una forma más esquemática y resumida, podemos decir que hay que tener en cuenta diferentes aspectos a la hora de evaluar el coste económico que supone el mantenimiento y explotación de una E.D.A.R.I:

- Equipos
- Material de instalación mecánica
- Material de instalación eléctrica
- Mano de obra para la instalación

- Mano de obra para la puesta en marcha
- Siembra de fangos para el arranque biológico
- Analíticas de control en la puesta en marcha
- Analíticas finales

-Consumo eléctrico:

- Costos a fijos por potencia instalada
- Costos variables por potencia consumida

-Gastos de reactivos.

-Gastos en gestión de fangos

-Gastos de personal para el mantenimiento.

Aparte de estos costes económicos, no es menos importante cumplir con las obligaciones de mantener el funcionamiento normal de la estación, de forma ininterrumpida y consiguiendo en todo momento unos resultados predeterminados de niveles de pureza en el agua depurada, controlando su olor, color, vertido... además de controlar el tratamiento de los fangos.

2. LEGISLACIÓN VIGENTE

Como ya se ha comentado en el punto 1.2, los poderes públicos, en el ejercicio de sus funciones, tienen lógicamente como fin el interés general.

Por ello, han tenido que desarrollar todo un marco normativo legal (en materia de depuración de aguas) para resolver ese doble problema ambiental y de salud pública que se le planteaba a la sociedad debido a las aguas residuales (urbanas, en nuestro caso). Para ilustrar la vertiente del marco normativo legal al que hacemos alusión, ahora vamos a profundizar más en ello. Para la depuración de las aguas residuales industriales existen las siguientes leyes vigentes:

2.1-Introducción

El **agua**, como motor de desarrollo y fuente de riqueza, ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre.

La ordenación y gestión de los recursos hídricos, que ha sido desde siempre un objetivo prioritario para cualquier sociedad, se ha realizado históricamente bajo directrices orientadas a satisfacer la demanda en cantidades suficientes, bajo una perspectiva de política de oferta.

El incremento de la oferta de agua como herramienta para el impulso económico, el mayor nivel de contaminación, irremisiblemente asociado a un mayor nivel de desarrollo, algunas características naturales (sequías prolongadas, inundaciones) y en definitiva una sobreexplotación de == los recursos hídricos, han conducido a un deterioro importante de los mismos.

Esto ha hecho necesario un cambio en los planteamientos sobre política de aguas, que han tenido que evolucionar desde una simple satisfacción en cantidad de las demandas, hacia una gestión que contempla la calidad del recurso y la protección del mismo como garantía de un abastecimiento futuro y de un desarrollo sostenible.

La ley de aguas de 1.985 y su modificación por la ley 46/1.999 de 13 de diciembre, junto con la nueva Directiva Marco europea para la política de agua suponen un cambio importante en los conceptos y criterios utilizados en la planificación hidrológica e introducen la calidad de las aguas y la protección de los recursos hídricos como puntos fundamentales para estructurar dicha planificación.

Tratemos ahora sobre **el concepto de calidad en el agua**. La calidad del agua es una variable fundamental del medio hídrico, tanto en lo que respecta a la caracterización ambiental como desde la perspectiva de la planificación hidrológica. Este término puede responder a varias definiciones, que se han visto reflejadas en la legislación a lo largo del tiempo.

De forma tradicional se ha entendido por calidad de un agua el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado. Esta definición ha dado lugar a diversa normativa, que asegura la calidad suficiente para garantizar determinados usos, pero que no recoge los efectos y consecuencias que la actividad humana tiene sobre las aguas naturales.

La incidencia humana sobre las aguas se ejerce fundamentalmente a través del vertido a sistemas naturales de efluentes residuales. Se hace por tanto necesario establecer los criterios de calidad que han de reunir las aguas residuales antes de ser evacuadas en un sistema receptor.

La consideración de los criterios de calidad de los vertidos resulta insuficiente como garantía de conservación de los recursos hídricos, de manera que éstos se mantengan en condiciones tales que aseguren su disponibilidad en un futuro en cantidad y calidad adecuada. Esta garantía viene dada por el mantenimiento de las condiciones ambientales naturales que permitan preservar el equilibrio autorregulador de los ecosistemas acuáticos.

De aquí surge la necesidad de definir un nuevo concepto de calidad que se desvincule totalmente de los usos, y que tenga como punto de referencia el propio recurso en sí y no los fines a los que se destina.

Esta sería la CALIDAD INTRÍNSECA O NATURAL DE LAS AGUAS, que se define por las condiciones fisicoquímicas y biológicas de un medio natural que no ha sufrido intervención humana.

En base a la **vinculación entre calidad de aguas y sus usos**, se establecen estándares y criterios de calidad específicos que definen los requisitos que ha de reunir un determinado agua para un fin concreto, requisitos que, generalmente, vienen expresados como rangos cuantitativos de determinadas características fisicoquímicas y biológicas.

Una vez establecidos estos criterios de calidad en función del uso, se promulgan **leyes** y se desarrollan programas orientados a garantizar el cumplimiento de dichos criterios. Así, tenemos normativas que dan lugar a **legislaciones en materia de calidad de aguas y medioambientales** a varios niveles territoriales: legislación **autonómica, española y europea**.

2.2-Legislación medioambiental

2.2.1- Legislación autonómica

En la legislación medioambiental autonómica (Aragón) existen **actualmente vigentes** las leyes que se explican a continuación, de las cuales solo se citan las leyes en cuestión y una breve descripción sobre lo que consisten. Para una información más detallada y profunda, ir a la parte de “**Anexo I: Legislación Medioambiental Autonómica**”, donde se incluye el texto completo de todas las disposiciones.

–**Ley 9/2007**, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley 6/2001, de 17 de mayo, de Ordenación y Participación en la Gestión del Agua en Aragón.

–**Ley 6/2008**, de 19 de diciembre, de modificación de la Ley 6/2001, de 17 de mayo, de Ordenación y Participación en la Gestión del Agua en Aragón, en lo que se refiere a la consideración del Instituto Aragonés del Agua como Administración Pública a los efectos de la aplicación de la normativa sobre contratación del sector público.

2.2.2- Legislación nacional

En la legislación medioambiental nacional (España) existen **actualmente vigentes** las leyes que se explican a continuación, de las cuales solo se citan las leyes en cuestión y una corta descripción sobre lo que consisten. Para una información más detallada y profunda, ir a la parte de “**Anexo I: Legislación Medioambiental Nacional**”, donde se incluye el texto completo de todas las disposiciones.

-Ley 16/2002, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación.

-Real Decreto 606/2003 por el que se modifica el **Real Decreto 849/1986**, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la Ley 29 /1985, de Aguas.

-Resolución de 19 de enero de 2004, de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, por la que se aprueba la delegación en los Directores Técnicos de las Confederaciones Hidrográficas de competencias de las Subdirecciones Generales de Proyectos y Obras y de Tratamiento y Control de la Calidad de las Aguas.

-Orden MAM/1873/2004, de 2 de junio, por la que se aprueban los modelos oficiales para la declaración de vertido y se desarrollan determinados aspectos relativos a la autorización de vertido y liquidación del canon de control de vertidos regulados en el Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, de reforma del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

-Corrección de errores de la Orden MAM/1873/2004, de 2 de junio, por la que se aprueban los modelos oficiales para la declaración de vertido y se desarrollan determinados aspectos relativos a la autorización de vertido y liquidación del canon de control de vertidos regulados en el Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, de reforma del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

-Real Decreto 1892/2004, de 10 de septiembre, por el que se dictan normas para la ejecución del Convenio Internacional sobre la responsabilidad civil derivada de daños debidos a la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos.

-Orden MAM/896/2005, de 31 de marzo, por la que se delega en los Presidentes de las Confederaciones Hidrográficas determinadas competencias relativas a obras incluidas en los programas de actuación de las sociedades estatales constituidas al amparo del artículo 132 del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.

-Orden MAM/985/2006, de 23 de marzo, por la que se desarrolla el régimen jurídico de las entidades colaboradoras de la administración hidráulica en materia de control y vigilancia de calidad de las aguas y de gestión de los vertidos al dominio público hidráulico.

-Corrección de errores de la Orden MAM/985/2006, de 23 de marzo, por la que se desarrolla el régimen jurídico de las entidades colaboradoras de la administración hidráulica en materia de control y vigilancia de calidad de las aguas y de gestión de los vertidos al dominio público hidráulico.

-Orden MAM/3207/2006, de 25 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción técnica complementaria MMA-EECC-1/06, determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas.

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

-Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño.

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

-Orden MAM/85/2008, de 16 de enero, por la que se establecen los criterios técnicos para la valoración de los daños al dominio público hidráulico y las normas sobre toma de muestras y análisis de vertidos de aguas residuales.

-Corrección de errores de la Orden MAM/85/2008, de 16 de enero, por la que se establecen los criterios técnicos para la valoración de los daños al dominio público hidráulico y las normas sobre toma de muestras y análisis de vertidos de aguas residuales.

- Orden ARM/1312/2009, de 20 de mayo, por la que se regulan los sistemas para realizar el control efectivo de los volúmenes de agua utilizados por los aprovechamientos de agua del dominio público hidráulico, de los retornos al citado dominio público hidráulico y de los vertidos al mismo.

-Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.

-Real Decreto 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.

2.2.3- Legislación europea

La consideración de los efectos de la actividad humana en las aguas naturales se puede contemplar desde diferentes puntos de vista, en función del medio que recibe el efluente (aguas subterráneas, continentales o litorales) y del origen de los vertidos (directos e indirectos).

Se establecen niveles de calidad para la evacuación de vertidos en sistemas acuáticos naturales, lo cual supone un avance con respecto al concepto de calidad tradicional, ligado al uso, y constituyen una medida de protección para estos sistemas.

Estos criterios de calidad se reflejan en la siguiente **normativa**, tanto europea como española, (esta última tratada en el punto anterior) aplicados en este caso solo a los vertidos a aguas continentales., que es nuestro caso:

	Normativa europea	Normativa española
Vertidos a aguas continentales	Directiva 76/464/CEE.	Ley de Aguas.
	Directiva 91/271/CEE.	R.D. 849/1986 Reglamento del D.P.H.
	Directiva 91/676/CEE.	R.D. 1315/92 de 30 de octubre.

En esta normativa se tratan diferentes asuntos relacionados con la calidad de las aguas, como es la protección contra la contaminación causada por sustancias peligrosas, el tratamiento y vertido de aguas residuales urbanas e industriales o la contaminación por nitratos a partir de fuentes agrícolas.

En la legislación medioambiental europea existen **actualmente vigentes** las leyes que se explican a continuación, de las cuales solo se citan las leyes en cuestión y una breve descripción sobre lo que consisten. Para una información más detallada y profunda, ir a la parte de “**Anexo I: Legislación Medioambiental Europea**”, donde se incluye el texto completo de todas las disposiciones.

En cuanto a la normativa europea sobre los **vertidos a aguas continentales** tenemos las siguientes Directivas:

-Directiva 76/464/CEE, de 4 de mayo, relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas desde fuentes terrestres en el medio acuático.

-Directiva 91/271/CEE, de 21 de mayo, relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas

-Directiva 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura.

Aparte de dichas leyes, existen también las siguientes:

-Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Con las siguientes modificaciones:

•**Decisión 2455/2001/CE.**

-Directiva 86/280/CEE, de 12 de junio, relativa a los valores límite y a los objetivos de calidad para los residuos de determinadas sustancias peligrosas.

-Directiva 88/347/CEE, de 16 de junio, y 90/415/CEE, de 27 de julio, que modifican el anexo II de la Directiva 86/280/CEE.

-Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE.

2.3-Legislación electrotécnica

2.3.1-Legislación nacional

Al tener el sector eléctrico un campo laboral tan amplio, la legislación en materia de seguridad es una asignatura muy importante. Del **B.O.E del 18 de septiembre de 2002**, en el que se publica el **Real Decreto 842/2002**, del 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Las leyes más importantes a destacar son las siguientes:

- **Ley del sector eléctrico**, que busca cumplir una serie de objetivos, de los cuales se destacan:
 - Proteger las personas y la integridad y la funcionalidad de los bienes que puedan resultar afectados por las instalaciones.
 - Proteger el medio ambiente y los derechos e intereses de los consumidores y usuarios.
 - Establecer reglas de normalización para facilitar la inspección de las instalaciones, impedir una excesiva diversificación del material eléctrico y unificar las condiciones del suministro.
 - Obtener la mayor racionalidad y aprovechamiento técnico y económico de las instalaciones.
- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión**, que destaca como apartados propios de seguridad los artículos siguientes:
 - Artículo 6:** equipos y materiales.
 - Artículo 8:** intensidades de corriente eléctrica admisibles en los conductores.
 - Artículo 16:** sistemas de protección de las instalaciones interiores o receptoras.
 - Artículo 20:** responsabilidad de los titulares de las instalaciones en cuanto a su correcto funcionamiento y mantenimiento.

-**Las instrucciones técnicas complementarias ITC-BT-01 hasta ITC-BT-51** de este reglamento (artículo 29: Guía técnica) dividen los campos de actuación en las siguientes partes:

- Definiciones.
- Generales.
- Redes de distribución de energía eléctrica.
- Instalaciones.
- Instalaciones de enlace.
- Instalaciones interiores.
- Instalaciones de viviendas.
- Instalaciones en locales.
- Instalaciones en locales con fines especiales.
- Receptores.
- Otras.

- Actualización del **Real Decreto 614/2001**. Riesgo eléctrico, que tiene como finalidad fijar las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Otras leyes que están menos ligadas con el contenido pero que son también importantes relacionadas con el tema que se está tratando son:

- **Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación.**
- **Reglamento de Líneas Aéreas de Baja Tensión.**
- **Legislación reguladora de las ICT.**

2.3.2-Legislación europea

- **Directiva EMC de la Comunidad Europea (CE) 89/336/CEE:**
 - Norma de emisiones electromagnéticas:**
 - EN 61000-6-3: residencial, comercial e industria de iluminación.
 - EN 61000-6-4: entornos industriales.
 - Norma de inmunidad electromagnética:**

-EN 61000-6-2: entornos industriales.

- **Directiva sobre equipos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (ATEX) de la Comunidad Europea 94/9/EC:**

- EN 60079-0: Requisitos generales.

- EN 50020: Seguridad intrínseca.

- EN 60079-15: Tipo de protección

3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS Y DEL SISTEMA

3.1-Localización de la planta

La empresa Preparados Alimenticios S.A. (P.A.S.A.) Ballobar se encuentra localizada en Ballobar, un municipio de Huesca (comunidad autónoma de Aragón, España) de la comarca Bajo Cinca situado a la margen derecha del río Alcanadre. Dista de Huesca 93 km. El término municipal de Ballobar tiene una superficie de 127,73 km², y está situado a una altitud de 153 metros. Tiene 974 habitantes.

La comarca del Bajo Cinca Limita al norte con las comarcas de La Litera y el Cinca Medio, al oeste con la comarca de los Monegros, al sur con la comarca de Bajo Aragón-Caspe, y al este con la provincia de Lérida.

Su geografía está caracterizada por el contraste de las riberas fértiles del Ebro, Cinca y Segre y el secano que se extiende fuera de los valles. En los últimos años también se ha desarrollado el regadío en las zonas de secano, con lo que el paisaje se ha modificado. Es de gran valor ecológico la Serreta Negra, con varias especies de plantas endémicas.



Figura 2: Localización de Aragón en España y Europa

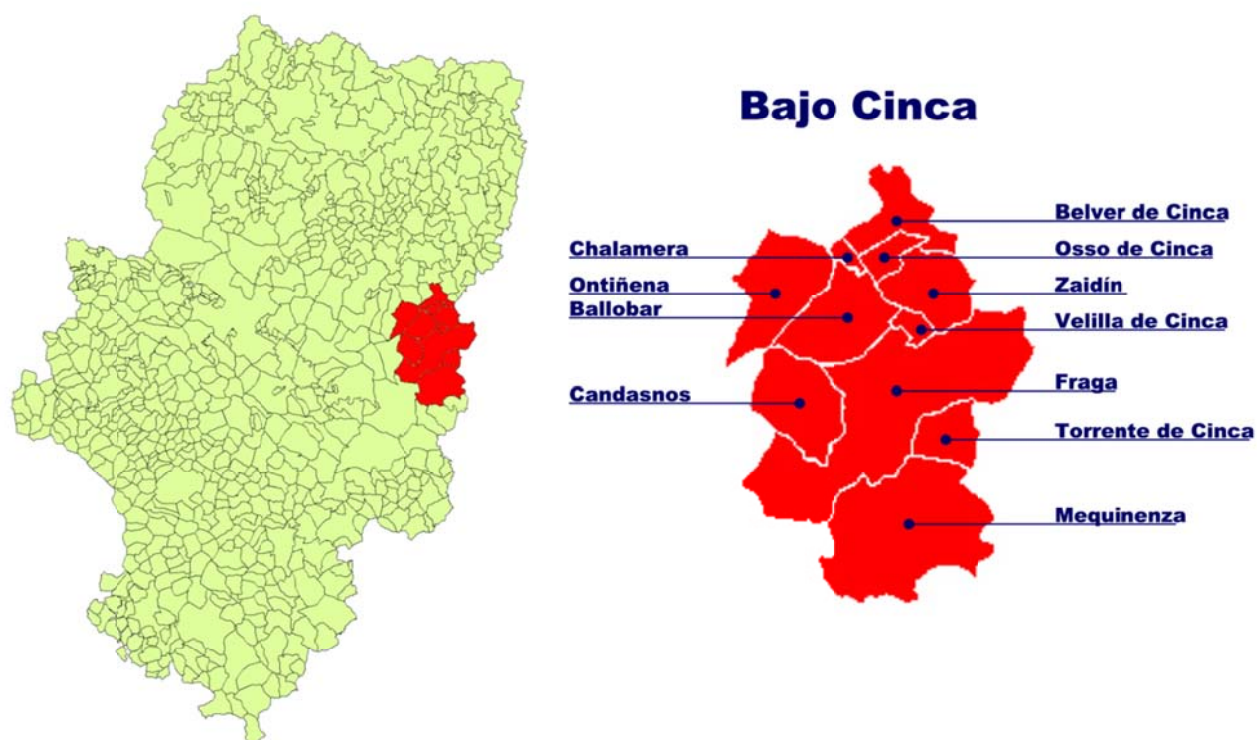


Figura 3: Localización de la comarca del Bajo Cinca y del término municipal de Ballobar

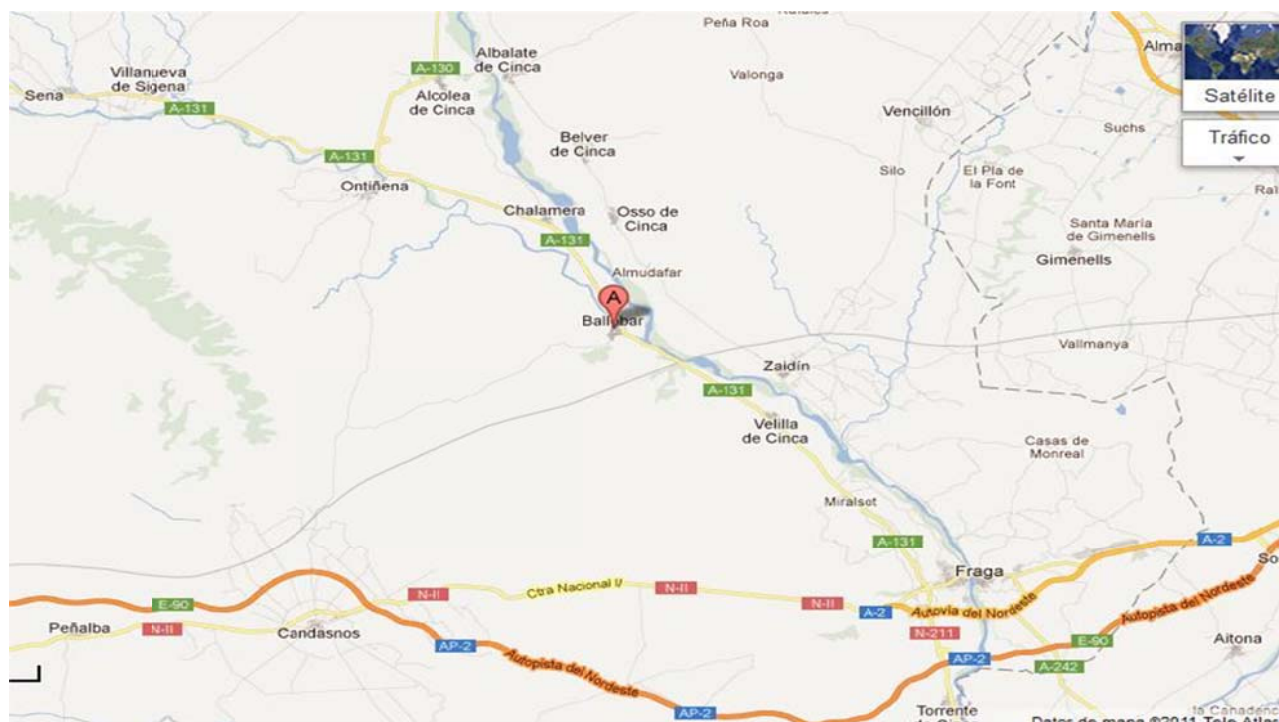


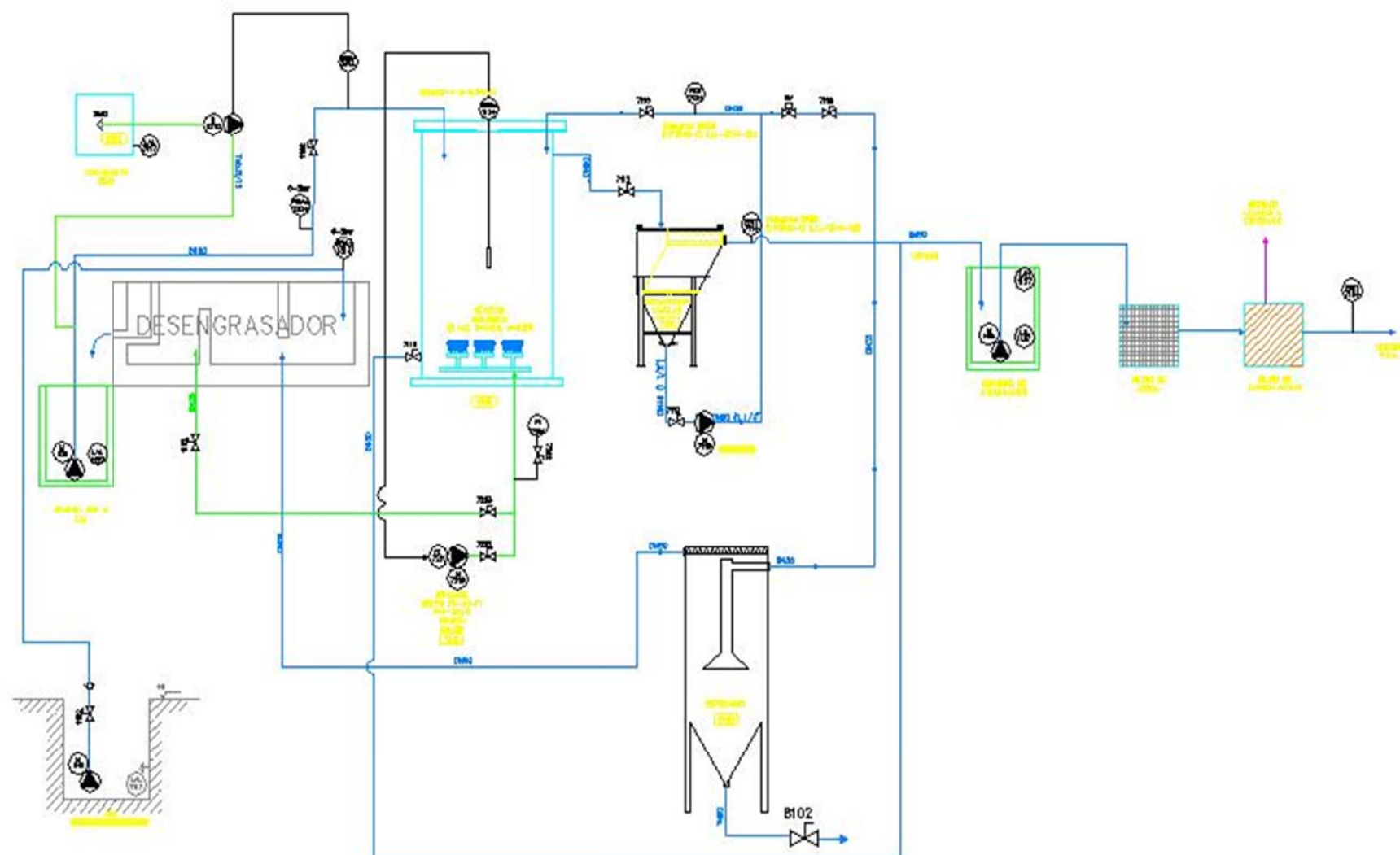
Figura 4: Localización del término municipal de Ballobar

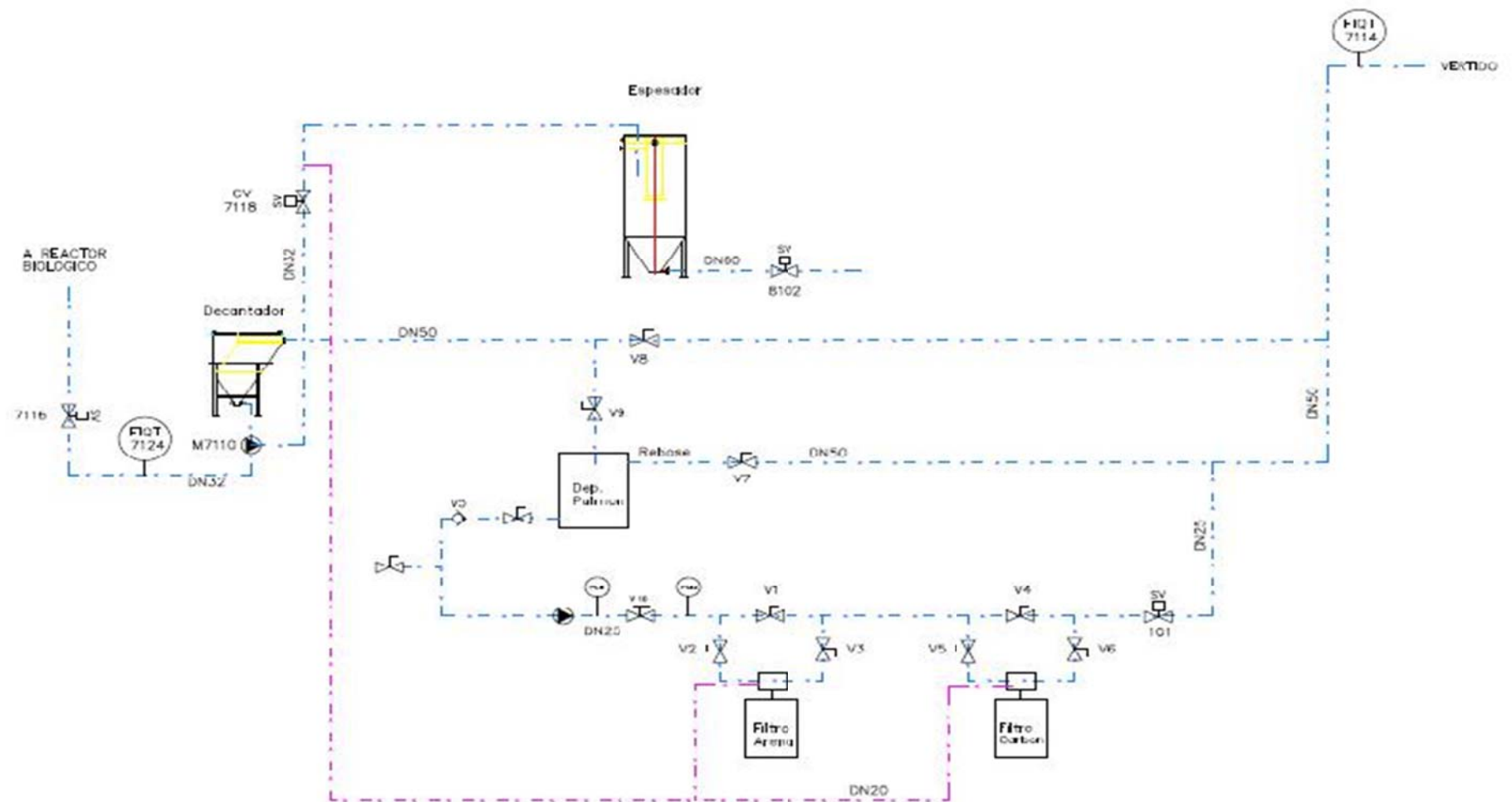
3.2-Actividad de la planta

La actividad de la planta consiste en la elaboración de preparados alimenticios para la empresa Preparados Alimenticios S.A. (P.A.S.A.) Ballobar.

3.3- Planos de la E.D.A.R.I. de Ballobar

En la página siguiente se muestra un plano o flujograma del proceso de depuración de las aguas residuales industriales de la E.D.A.R.I. de Ballobar, desde la llegada del agua bruta a la arqueta de recepción hasta, En la página después de esta, tenemos un plano o flujograma de los filtros (tratamiento terciario) más detallado que el que aparece en el primer plano, en el que se aprecia mejor el proceso.





AZUL= Flujo final

MAGENTA= Agua de lavados

3.4-Procesos de la E.D.A.R.I. Descripción de los procesos de la E.D.A.R.I.

El caudal medio de las aguas residuales a tratar es de 10 m³/día. El proceso de tratamiento de las aguas residuales industriales de la E.D.A.R.I. de Ballobar se puede dividir en dos etapas diferenciadas: pretratamiento (tratamiento primario) y fangos activos (tratamiento secundario), y sin olvidar que tenemos también un tratamiento terciario. Con todo ello, tras todos los procesos de depuración se busca cumplir con los límites en el efluente de salida (vertido en emisión al cauce del río receptor (el río Cinca)), tal y como se observa en la tabla sobre los parámetros de vertido tras el tratamiento terciario, que se encuentra al final de la explicación del tratamiento terciario. Previamente, el influente de entrada está caracterizado según la siguiente tabla:

PARÁMETROS DE ENTRADA INFLUENTE:		
Caudal diario medio	10	m ³ / día
Caudal medio horario	0,5-1	m ³ / h
Caudal punta a depósito de decantación-desengrase (existente)	3 / 12	m ³ / h // m ³ / día
Temperatura (tras decantación)	<40	°C
DQO adoptada	<3500	mg/l
DBO ₅ adoptada	<1200	mg / l
SS adoptada (tras decantación)	<200	mg / l
NTK	<150	mg/l
PT	5<PT<25	mg/l
Conductividad	<7500	MicroS/cm
Aceites y grasas (tras decantación)	<50	mg / l
pH	5-9	Ud pH

3.4.1- Recepción del agua residual y pretratamiento (tratamiento primario)

1) Llegada del agua bruta

El agua residual generada en los procesos productivo y de limpieza, así como el agua de la red de saneamiento general, son conducidos a la arqueta de recepción (1100) existente en la instalación inicial, que tiene dos sensores de nivel de agua; el LAL 1117 (nivel bajo) y el LAH 1118 (nivel alto). (Para más información sobre los sensores de nivel, consultar el datasheet correspondiente). A su vez incorpora una bomba sumergible [M1110]. El agua almacenada es impulsada a través de esta bomba por una tubería cuando el sensor LAH 1118 está a 1 (activado), lo que quiere decir que la arqueta está llena de agua, pasando por la válvula de bola 1102 y llegando al desengrasador existente en las instalaciones. También hay un manómetro en la tubería para controlar las pérdidas de carga que se pueden producir en ella.

2) Desbaste – Desengrasado

En esta etapa se consigue separar las grasas presentes en las aguas residuales a través del desengrasador, consiguiendo así un mejor rendimiento en el posterior tratamiento biológico. Previamente al desengrasado, el agua pasa por unas rejillas de desbaste para eliminar sólidos que podrían dañar el equipo. El agua de salida del desengrasador pasa al depósito pulmón/bombeo una vez la grasa ha decantado al fondo del desengrasador y se evacúa convenientemente.

3) Bombeo

Este depósito pulmón/bombeo está equipado con dos sensores de nivel de agua; el LAL 1127 (nivel bajo) y el LAH 1128 (nivel alto), y a su vez incorpora una bomba sumergible [M1120]. El agua almacenada es impulsada a través de esta bomba por una tubería cuando el sensor LAH 1128 está a 1 (activado), lo que quiere decir que la arqueta está llena de agua, pasando por la válvula de bola 1102 al reactor biológico.

4) Neutralización

Para obtener un correcto crecimiento de microorganismos en el reactor biológico, se requieren unas condiciones relativamente estables del pH, en torno a un valor de 7 u 8 unidades, para asegurar una calidad biológica óptima. Así pues, será necesario prever una corrección externa, pues las aguas resultantes pueden presentar desviaciones de pH. Para llevar a cabo esa regulación de pH y situarlo en el margen indicado, se utilizarán las instalaciones existentes de dosificadores de sosa (NaOH).

El control de pH se realiza mediante un pHmetro [QUICA±3114] instalado en el reactor biológico, que mide el pH del agua del reactor biológico. La sosa necesaria se adiciona mediante una bomba dosificadora [M3210] que aspira de un depósito [3200], equipado con un sensor de nivel de

seguridad mínima [LAL3117]. Se tiene de esta manera un control de lazo cerrado entre el pHmetro y la bomba dosificadora:

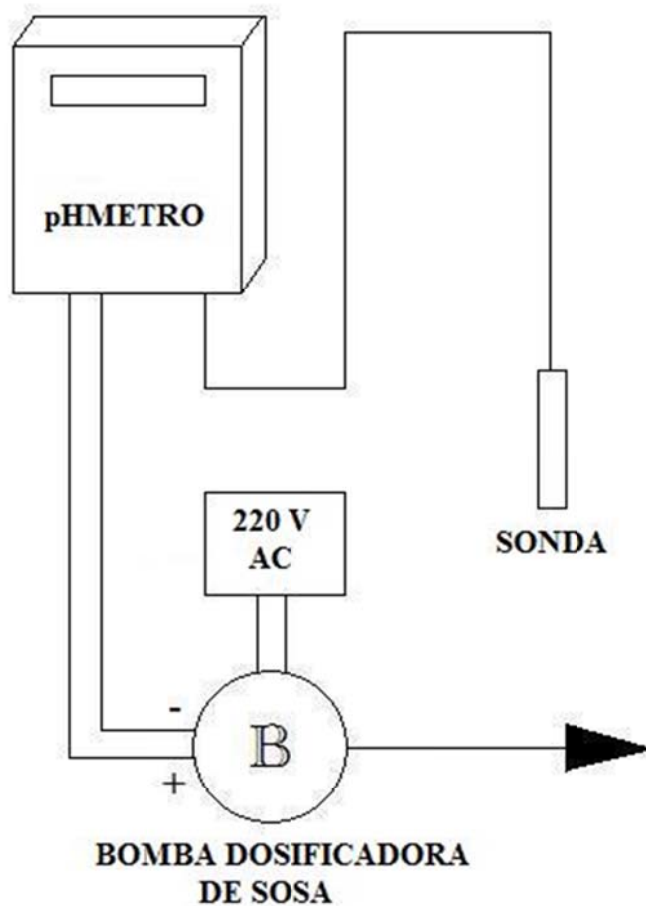


Figura 5: pHmetro + sonda, unida a bomba dosificadora de sosa

El control que aquí se lleva a cabo es un tipo de control analógico; la señal de control es una señal analógica (de corriente entre 4 y 20 mA), realizándose un control proporcional. El modo más habitual de trabajo en estos casos es el **Modo 4-20 mA**, que aquí se selecciona en la bomba dosificadora. En este modo. La bomba dosifica proporcionalmente a una señal entre 4 y 20 mA. En el valor de 4 mA la bomba está parada, en 20 mA la bomba dosifica al porcentaje seleccionado con el potenciómetro.

Se predetermina un **Set Point (Punto de Ajuste)** o consigna del pH que deseamos que haya en el agua del reactor biológico, marcándolo en el pHmetro, teniendo en cuenta también la **Banda Proporcional** que haya sido elegida. En la pantalla del pHmetro figura en todo momento el pH existente.

Funciona de la siguiente manera; si por ejemplo elegimos un Set Point del pH igual a 7,20 y una Banda Proporcional igual a 0.40, con dosificación alcalina o base (sosa), el instrumento iniciará la dosificación a partir de valores inferiores a 7,20 y terminará la dosificación con valores superiores a 7,60 (control directo); y si cambiamos a ácido la dosificación, ésta será exactamente opuesta (control inverso): iniciará superando 7,20 y terminará con un valor inferior a 6,80 pH.

En el caso del control directo, que es el que se usa en esta E.D.A.R.I., se actúa sobre la bomba para que bombee más sosa y por tanto el pH suba hasta 7,20 (a más sosa, el pH sube, o sea se vuelve más base), enviando una señal analógica de mayor amplitud (más mA). Para 4 mA de señal, la dosificación será tal que el pH sea el más bajo (0), y para 20 mA el pH más alto (14)

En el caso del control inverso, se actúa sobre la bomba para que bombee más ácido y por tanto el pH baje hasta 6,80 (a más ácido, el pH baja, o sea se vuelve más ácido. evidentemente), enviando una señal analógica de mayor amplitud (más mA). Para 4 mA de señal, la dosificación será tal que el pH sea el más alto (14), y para 20 mA el pH más bajo (0). En nuestro caso, en los ensayos realizados en esta planta, las mediciones del pH del agua dieron como resultado valores menores de 7 (ácido), con lo cual no tendría sentido adicionar un ácido en vez de una base.

Para una información detallada consultar el datasheet del pHmetro.

La sosa (NaOH), también conocida como sosa cáustica o soda cáustica, debe tener una concentración alrededor del 25%, que es la concentración típica en estos casos. Dicha concentración no permite una sencilla congelación de la sosa aunque se alcancen temperaturas bastante bajas. Para ese 25%, la temperatura de congelación es de unos -20°C. Si estuviese a por ejemplo un 50%, sería mucho más fácil que se congelase a unos 10°C, y esto es algo que debe evitarse. En la página siguiente vemos las curvas de congelación de la sosa.

El agua con la sosa adicionada pasa al depósito pulmón donde vuelve a ser bombeada de nuevo al reactor biológico.

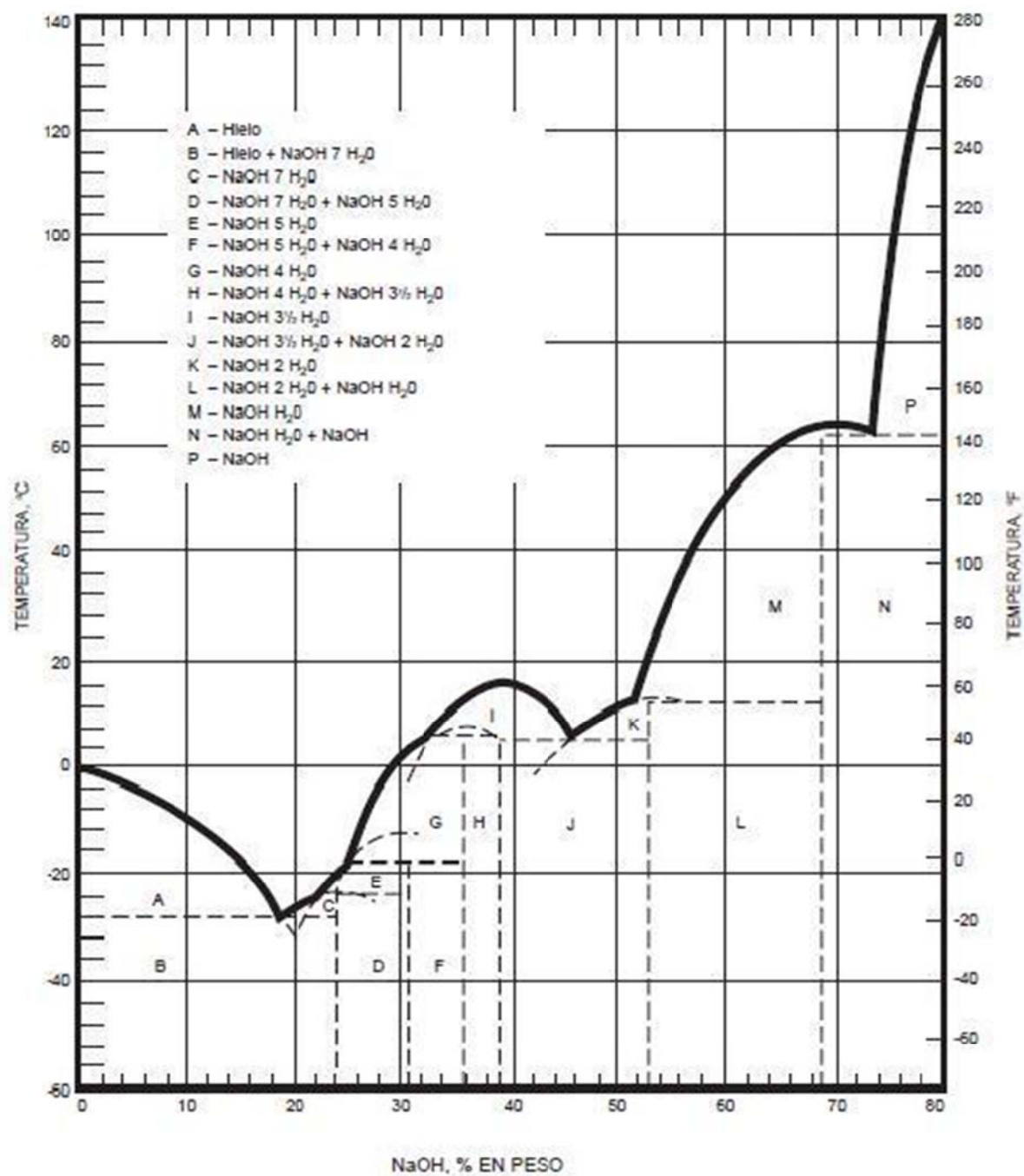


Figura 6: Puntos de congelación para soluciones de sosa cáustica

3.4.2- Proceso de fangos activos (tratamiento secundario)

El proceso de fangos activos (tratamiento secundario) es un proceso que corresponde al tratamiento biológico. Es un sistema de tratamiento de las aguas residuales en el que se mantiene un cultivo biológico formado por diversos tipos de microorganismos y el agua residual a tratar. Los microorganismos se alimentarán de las sustancias que lleva el agua residual para generar más microorganismos y en el proceso se forman unas partículas fácilmente decantables que se denominan flóculos y que en conjunto constituyen los denominados fangos activos o biológicos. Pueden distinguirse **dos operaciones** claramente diferenciadas: **la oxidación biológica y la separación sólido-líquido**.

La primera tiene lugar en el denominado reactor biológico o cuba de aireación, donde vamos a mantener el cultivo biológico en contacto con el agua residual. El cultivo biológico, denominado licor de mezcla, está formado por gran número de microorganismos agrupados en flóculos conjuntamente con materia orgánica y sustancias minerales. Dichos microorganismos transforman la materia orgánica mediante las reacciones de oxidación biológica anteriormente mencionadas.

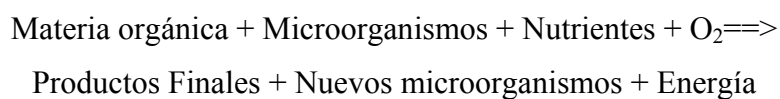
La población de microorganismos debe de mantenerse a un determinado nivel, concentración de sólidos en suspensión en el licor de mezcla (SSLM), para llegar a un equilibrio entre la carga orgánica a eliminar y la cantidad de microorganismos necesarios para que se elimine dicha carga.

En esta fase del proceso que ocurre en la cuba de aireación, es necesario un sistema de aireación y agitación, que provoque el oxígeno necesario para la acción depuradora de las bacterias aerobias, que permita la homogenización de la cuba y por tanto que todo el alimento llegue igual a todos los organismos y que evite la sedimentación de los flóculos y el fango.

Una vez que la materia orgánica ha sido suficientemente oxidada, lo que requiere un tiempo de retención del agua en el reactor, el licor mezcla pasará al denominado decantador secundario o clarificador. Aquí, el agua con fango se deja reposar y por tanto, los fangos floculados tienden a sedimentarse, consiguiéndose separar el agua clarificada de los fangos.

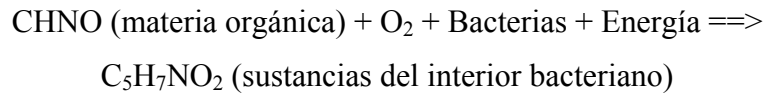
El agua clarificada constituye el efluente que se vierte al cauce y parte de los fangos floculados son recirculados de nuevo al reactor biológico para mantener en el mismo una concentración suficiente de organismos. El excedente de fangos, se extrae del sistema y se evacua hacia el tratamiento de fangos.

En este caso tenemos pues un proceso biológico aerobio, con cultivos en suspensión (fangos o lodos activos), cuya descripción general del proceso aparece en el punto correspondiente de la parte 1ª de las consideraciones generales de una E.D.A.R.I. Aquí describiremos y explicaremos otros procesos como la **oxidación biológica**, que es el mecanismo mediante el cual los microorganismos degradan la materia orgánica contaminante del agua residual. De esta forma, estos microorganismos se alimentan de dicha materia orgánica en presencia de oxígeno y nutrientes, de acuerdo con la siguiente reacción:

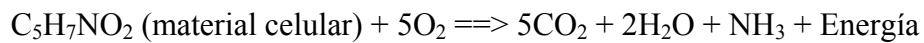


Para que lo anteriormente expuesto se produzca, son necesarias dos tipos de reacciones fundamentales totalmente acopladas: de síntesis o asimilación y de oxidación o respiración endógena.

Las reacciones de síntesis o asimilación consisten en la incorporación del alimento (materia orgánica y nutrientes) al interior de los microorganismos. Estos microorganismos al obtener suficiente alimento no engordan, sino que forman nuevos microorganismos reproduciéndose rápidamente. Parte de este alimento es utilizado como fuente de Energía. La reacción que ocurre es la siguiente:



En cuanto a **las reacciones de oxidación y respiración endógena**, podemos decir que los microorganismos al igual que nosotros, necesitan de energía para poder realizar sus funciones vitales (moverse, comer etc.), dicha energía la obtienen transformando la materia orgánica asimilada y aquella acumulada en forma de sustancias de reserva en gases, agua y nuevos productos de acuerdo con la siguiente reacción:



Los factores principales que hay que tener en cuenta para que se produzcan las reacciones biológicas y por tanto, la depuración del agua residual son:

-Las características del sustrato: las características físico-químicas del agua residual, determinan el mejor o peor desarrollo de los microorganismos en este sistema, existiendo compuestos contaminantes que son degradables biológicamente y otros que no lo son.

-Los nutrientes: el interior celular, aparte de C, H y O, elementos característicos de la materia orgánica, contiene otros elementos como son el N, P, S, Ca, Mg, etc., denominados nutrientes y que a pesar de que muchos de ellos se encuentran en el organismo sólo en pequeñas cantidades, son fundamentales para el desarrollo de la síntesis biológica.

1) Reactor biológico

El agua recepcionada que proviene del depósito pulmón/bombeo pasa al reactor biológico aerobio. Dicho reactor tiene una capacidad de 45 m³, una anchura de 3400 mm y una altura de 5355 mm. Ese agua recepcionada es aireada mediante un grupo soplante [M7210] cuya capacidad es gobernada por un Variador de velocidad o frecuencia [FC7211] (controlado y/o regulado para lograr estabilidad en los valores, haciendo más precisa la respuesta del sistema a los cambios) que recibe la señal del oxímetro [DOICA ±1124], consistente en una sonda de medición por luminiscencia que actúa como sistema de medición y control del oxígeno disuelto en el sistema biológico. El tipo de control que se realiza es básicamente el mismo que en el caso del pHmetro: tenemos un control en lazo cerrado formado por el oxímetro y el variador de velocidad o frecuencia, que trabaja con un rango de frecuencias de entre 15 y 50 Hz. El control es también de tipo analógico y proporcional (directo); la señal de control es una señal analógica (entre 4 y 20 mA), solo que aquí en vez del pHmetro tenemos

el oxímetro, que mide la concentración de mg de O_2 por litro de agua dentro del reactor biológico. Este control de tipo analógico y proporcional (directo) también funciona con los conceptos de Set Point y Rango Proporcional vistos en el pHmetro y la bomba dosificadora de sosa. Estando configurando para que el oxígeno oscile entre un mínimo de 0 y un máximo de 5 mg/l, si por ejemplo queremos que haya 2.5 mg de O_2 por litro de agua, y se miden 0 mg/l, entonces el oxímetro mandará una señal de corriente de la mayor amplitud posible (20 mA) al variador de velocidad o frecuencia para que aumente la frecuencia a la máxima (50Hz) y por tanto haga que la bomba M7210 inyecte una mayor cantidad de oxígeno. Si midiese 5 mg/l, entonces el oxímetro mandará una señal de corriente de la menor amplitud posible (4 mA) al variador de velocidad o frecuencia para que disminuya la frecuencia a la mínima (15Hz) y por tanto haga que la bomba M7210 inyecte una menor cantidad de oxígeno.

También existe un manómetro [PI7204] indicador de la presión diferencial existente en la línea de aire, y que permite controlar la presión del grupo soplante.

El aire del grupo soplante puede, aparte de ir por la tubería por el camino mencionado hacia dentro del reactor biológico, tomar otro camino alternativo, hacia el desengrasador. Esto se controla a través de dos válvulas de bola seguidas [7203] y [1102], que se abren cuando se desea que entre el aire al interior del desengrasante por la parte inferior; esta operación se realiza para favorecer el flotamiento de las grasas en el desengrasador, hacia la parte superior.

Dentro del reactor biológico se halla un sistema de difusión de aire al licor mezcla mediante difusores porosos de membrana de burbuja fina equipado con un sistema de purga de condensados. Dichos difusores porosos forman lo que se llama una parrilla de difusores porosos (ver Figura X de más abajo).

Además, en la parte inferior del reactor biológico existe una brida que permite la salida de los residuos de materia orgánica (básicamente abonos, no son residuos peligrosos en absoluto) que se han ido formando en el reactor biológico hacia un camión cisterna perteneciente a un gestor autorizado. La válvula de bola 7113 es la que controla el paso.



Figura 7: Parrilla de difusores de membrana fina

2) Sedimentación o decantación lamelar

El agua ya tratada biológicamente, o sea el licor mezcla, es conducido al equipo de decantación [7100] (decantador lamelar de sección rectangular) a través de una brida situada en la parte superior del reactor, y de una válvula de bola [7112]. Dicho equipo de decantación está equipado con un sistema de lamelas para potenciar la retención de sólidos biológicos en suspensión. De este equipo obtenemos **dos corrientes de materia**; la **1ª** corresponde a los fangos decantados, que mediante una bomba de purga/recirculación [M7110] (a través también de una válvula de bola 7116, serán devueltos al reactor biológico o llevados a la zona de acondicionamiento de lodos, y la **2ª** el clarificado de la depuradora, que es conducido a tratamiento terciario o afino.

En cuanto a la **1ª corriente de materia**, tenemos los fangos decantados que caen por el fondo del decantador lamelar y que mediante una válvula manual se controla su salida hacia la bomba de purga/recirculación exterior. Desde ahí, las aguas de nuevo pueden tomar dos caminos; el 1º volver al reactor biológico, que es lo que llamamos **recirculación de fangos**, cuya finalidad es mantener constante la concentración de microorganismos en el reactor biológico. Su circulación es controlada por una válvula de bola [7116] y su caudal es medido por un caudalímetro [FIQT 7124]. El 2º camino corresponde a la **purga de fangos** (fangos viejos que ya no son útiles) donde su paso es controlado por una electroválvula (CV 9102), la cual es controlada por un **temporizador** en el cuadro eléctrico, y que permite la conducción de los fangos hasta el espesador (8100), (a través también de una válvula de bola [7118]) correspondiente a la zona de acondicionamiento de lodos (**ver 3) Extracción de fangos y del agua**).

En cuanto a la **2ª corriente de materia**, el agua asciende hasta la superficie y el vertido sale del decantador lamelar por el canal de salida. Desde ahí pasa a un **filtro de arena** y a un **filtro de carbón activo** que se encuentran en serie (**ver 3.3.3) tratamiento terciario**). El caudal del vertido final es medido por un caudalímetro [FIQT 7114]. **El agua ya depurada pasa al colector de vertidos de la empresa y ya está en condiciones de ser vertida al río, siempre que se compruebe que cumple los límites de la autorización de vertido.**



Figura 8: Decantador lamelar

3) Extracción de fangos y del agua

Una vez llegados los fangos al espesador, éstos son evacuados por la parte inferior y su salida es controlada por una válvula de bola [8102]. A su vez el agua contenida en la parte superior del mismo es conducida de nuevo al equipo desengrasador, para ser tratada de nuevo a lo largo de todo el proceso de depuración, ya que al haber estado en el espesador en contacto con el fango, hace que esté saturada de los contaminantes de los lodos.

Los fangos extraídos por la parte inferior del espesador son recogidos por un camión cisterna perteneciente a un gestor autorizado cuando el espesador de fangos está lleno.

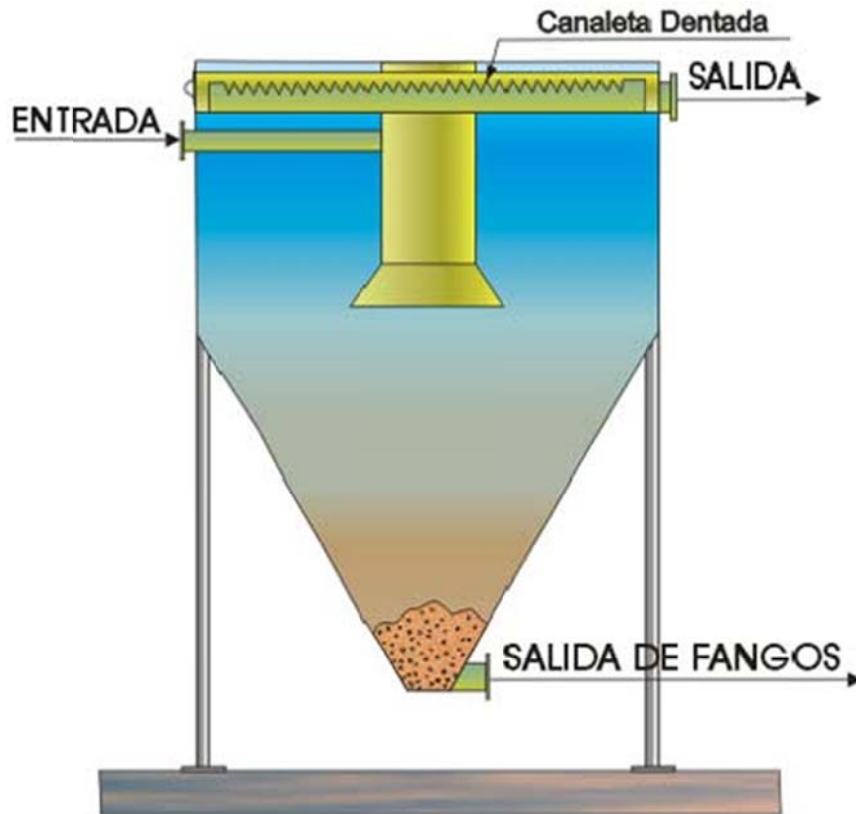


Figura 9: Espesador de fangos

3.4.3- Filtración (tratamiento terciario)

Consta de tres etapas:

1. Acumulación y bombeo
2. Filtración mediante sílex-antracita
3. Filtración mediante carbón activo

El efluente procedente del decantador lamelar se acumulará en un depósito intermedio de 700 litros de capacidad desde el cual, mediante un sistema de control de sondas de nivel, será bombeado al sistema de filtración. El agua pasará por el primer filtro (filtro de arena) donde quedarán retenidos los sólidos que puedan escapar del decantador secundario. A continuación, el agua pasará por el filtro de carbón activo, donde se asegurará la eliminación total de sólidos suspendidos además de la eliminación de posibles picos de DQO. Ambos filtros, disponen de válvulas automáticas (tipo Clack) que disponen de un programador cronométrico para acivar la limpieza de los mismos. La limpieza del filtro de arena se realizará mediante un **presostato** instalado a la entrada del filtro. Cuando la presión alcanza el valor de consigna establecido se activa la limpieza a contracorriente del filtro de arena. La limpieza del filtro de carbón se realiza de forma cronométrica mediante la programación de la válvula. El agua de rechazo procedente de las limpiezas será conducido al espesador de fangos (existente) donde decantarán los sólidos, y el agua clarificada se envía por gravedad a cabecera

(desengrasador/decantador). A continuación, se detalla el funcionamiento de cada una de las etapas descritas:

1) Acumulación y bombeo

En esta etapa se pretende una **homogeneización** del efluente para que el **tratamiento sea continuo**. No se reduce ninguno de los contaminantes presentes en el agua de aporte. El agua a tratar, se acumula en un depósito intermedio de 700 litros fabricado en PEAD (Polietileno de alta densidad) con protección UV a través del sistema industrial de rotomoldeo con moldes reforzados que proporcionan una elevada resistencia química y mecánica. Es inalterable a la corrosión.

Dimensiones:

- Altura: 1170 mm.
- Diámetro: 600 mm.

El depósito consta de dos sondas de nivel:

- N1: Nivel tipo boya encargado de regular la marcha y paro del equipo de bombeo.
- N3: Nivel neumático que da la alarma de rebose del depósito.

El grupo de presión está dimensionado para proporcionar el caudal de trabajo adecuado para que la velocidad de filtración sea lo más lenta posible y optimizar así el proceso.

***Características de la bomba:**

- Potencia 0,37 kW
- Caudal 0,6-3,9 m³/h
- Altura manométrica 32-6 mca
- Conexión 1"

2) Filtración mediante sílex-antracita

El proceso de filtración consiste en la eliminación de la materia en suspensión del agua a través de un lecho filtrante.

El material filtrante es sílex de diferentes granulometrías y antracita para obtener un rendimiento óptimo, todo ello sobre un lecho soporte de grava. Generalmente se trabaja a velocidades de filtración de 10 m³/h/m² a 30 m³/h/m² dependiendo de la calidad del agua a tratar.

Tratándose de agua residual, el filtro se dimensiona para que la velocidad de filtración sea lo más baja posible, 10 m³/h/m².

El proceso se lleva a cabo del siguiente modo:

- Zona de saturación: el medio filtrante se mezcla con la materia en suspensión, el paso de agua es reducido, los sólidos retenidos fugan a capas inferiores. Esta zona está sometida a una elevada pérdida de carga.
- Zona de transición: el medio filtrante contiene una cierta cantidad de materia en suspensión, y todavía puede retener gran cantidad de sólidos que le llegan. El paso de agua es menor que el nominal de diseño y la pérdida de carga mayor.
- Zona de seguridad: el lecho filtrante sólo recibe agua limpia. Esta zona es la garantía de filtrado del agua. El caudal y la pérdida de carga son los de diseño.
- Zona de soporte: es el sistema encargado de recoger el agua filtrada y distribuir el aire y el agua en el lavado. Esta zona es del mismo material que el medio filtrante pero de mayor tamaño.

El ciclo de filtración se da por terminado cuando la zona de transición llega a la salida del lecho o la pérdida de carga en el filtro es la máxima permitida. El filtro ha de ser contralavado para eliminar por arrastre del agua a contracorriente los sólidos en suspensión almacenados en el seno del medio.

A partir de ese instante, si se continuara filtrando podría suceder que la materia a filtrar fugara y/o que las partículas del medio filtrante por acción de la presión, comenzaran a romperse.

El grado de filtración del agua filtrada es generalmente inferior a 100 micras, dependiendo siempre de la calidad del agua de entrada.

El filtro se ha dimensionado para trabajar a 730 l/h con una velocidad de filtración de 10 m/h.

***Características del filtro**

- Botella: (12x48)" (304x1237) mm
- Superficie de filtración: 0,07 m²
- Volumen a tratar: 730 l/h a 10 m/h
- Válvula: CLACK WS 1" TC Crono
- Carga filtrante: 20 kg de sílex y 32 kg de antracita

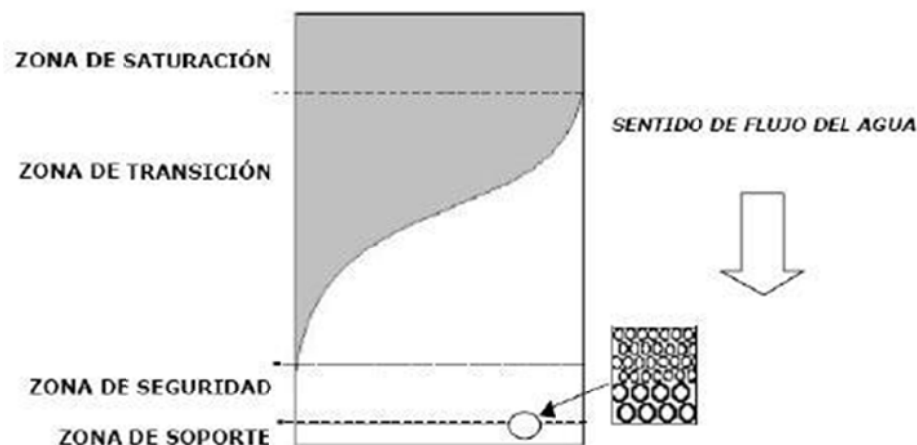


Figura 10: Representación gráfica simplificada del proceso de filtración

3) Filtración mediante carbón activo

La adsorción mediante carbón activo constituye uno de los procesos más utilizados dentro de los sistemas de tratamiento terciario de las aguas residuales. Se emplea, fundamentalmente, para retener contaminantes de naturaleza orgánica, presentes, en general, en concentraciones bajas, lo que dificulta su eliminación por otros procedimientos. Cabe citar la eliminación de compuestos fenólicos, hidrocarburos aromáticos nitrados, derivados clorados, sustancias coloreadas, así como otras que comunican olor y sabor a las aguas. La operación es menos efectiva para sustancias de pequeño tamaño molecular y estructura sencilla, que suelen ser fácilmente biodegradables y, por ello, susceptibles de tratamiento biológico.

La capacidad de un carbón para retener una sustancia determinada, no sólo está dada por su área superficial, sino por la proporción de poros cuyo tamaño es el adecuado: una a cinco veces el diámetro de la molécula de dicha sustancia.

La eliminación de contaminantes en las columnas de carbón activo se lleva a cabo mediante tres mecanismos:

- 1) Adsorción.
- 2) Retención de las partículas grandes.
- 3) Deposición de materia coloidal.

Para esta aplicación se va a utilizar carbón bituminoso activado mediante un proceso con vapor. La mayoría de los poros del carbón a utilizar están en el rango bajo de la mesoporosidad, lo que lo hace muy adecuado para el tratamiento de agua residual con predominio de contaminantes de peso molecular intermedio y potabilización de agua de pozo o superficial. Así mismo obtiene excelentes resultados tanto en la dechloración de agua como en los tratamientos terciarios de aguas residuales industriales.

***Características del filtro:**

- Botella: (12x48)" (304x1237) mm
- Caudal a tratar: 1300 l/h
- Válvula: CLACK WS 1" TC Crono
- Carga: 33 kg de carbón MG 1050 8X30

Con la solución adoptada en cuanto al tratamiento terciario (filtración mediante filtro de arena y carbón activo), y después de haberse dado todos los procesos anteriores primarios y secundarios, y tras constatar su eficiencia a través de distintos ensayos que se han ido realizando, podemos afirmar que se garantiza la adecuación del vertido o efluente de salida (en emisión) al cauce del río receptor (el río Cinca) a los límites exigidos por la CHE, que son los que se muestran en la siguiente tabla junto con los valores obtenidos, los cuales se puede ver que cumplen correctamente con ello:

PARAMETROS DE VERTIDO DE SALIDA TRAS TRAMIENTO TERCIARIO			
PARAMETRO	VALOR	LÍMITE CHE	UNIDADES
DBO ₅	19	25	mg/l
SS	16	35	mg/l
DQO	72	125	mg/l
pH	7,1	6-9	Ud pH
NTK	12,3	25	mg/l
PT	1,5	2	mg/l

3.5-Control de los equipos

En la siguiente tabla se muestran las diferentes tareas de Control de las bombas, equipos e instrumentación que existen en la E.D.A.R.I:

TAG	EQUIPO	CONTROL	PILOTO
M1110	Bomba arqueta recepción	- Selector marcha-paro - Sensores de nivel mínimo y de trabajo	Sin luz: apagado Luz verde: en marcha Luz roja: fallo/avería
M1120	Bomba depósito pulmón	- Selector marcha-paro - Boya de nivel	Sin luz: apagado Luz verde: en marcha Luz roja: fallo/avería
M3210	Bomba de sosa	- Selector marcha-paro - Boya de nivel	Sin luz: apagado Luz verde: en marcha Luz roja: fallo/avería
QUICA±3114	pHmetro	- PID con pHmetro - Controla la bomba de sosa	
M7210	Soplante	- Selector marcha-paro - Temporizador asíncrono - El medidor de oxígeno disuelto controla el variador de frecuencia mediante PID	Sin luz: apagado Luz verde: en marcha Luz roja: fallo/avería
DOICA±1124	Oxímetro	- Controla el variador de frecuencia de la soplante mediante PID	
FIQT7124	Caudalímetro recirculación	- Sólo lectura en display	
FIQT7114	Caudalímetro vertido	- Sólo lectura en display	
M7110	Bomba recirculación y purga	- Selector marcha-paro - Temporizador asíncrono	Sin luz: apagado Luz verde: en marcha Luz roja: fallo/avería
CV9102	Electroválvula	- Temporizador asíncrono - Finales de carrera	

3.6-Instrucciones de mantenimiento de los equipos

Los procesos que se llevan a cabo en la E.D.A.R.I. exigen un mantenimiento de los diferentes equipos, bombas e instrumentación que existen en ella. Para controlar dichas tareas de mantenimiento podemos consultar la siguiente tabla de Control de mantenimiento de los equipos:

TAG	EQUIPO	FRECUENCIA
M3210	Bomba de sosa	
	Revisión membrana dosificadora	Trimestral
	Comprobar si desde el orificio de vertido han salido sustancias químicas	Semanal
	Verificar si los conductos de sodificación están bien fijados en la unidad de impulsión	Semanal
	Verificar si las válvulas de presión y aspiración están bien fijadas	Semanal
	Comprobar la estanqueidad de toda la unidad de impulsión	Semanal
	Comprobar si la impulsión se realiza correctamente (poner la bomba en modo aspiración durante un breve periodo de tiempo)	Semanal
	Verificar si las conexiones eléctricas están en perfecto estado	Trimestral
	Comprobar si los tornillos del cabezal de dosificación están bien apretados	Trimestral
M1120	Bomba alimentación a biológico	
	Cambio de aceite en caso de fallo (0,48 L)	En caso de fallo
	Verificar sistema automático de regulación de nivel	Trimestral
	Limpiar los flotadores de boya	Trimestral
M7110	Bomba recirculación y purga	
	Limpieza piezas hidráulicas	Anual
	Sustitución componentes hidráulicos en caso de estar desgastados	Anual
M1110	Bomba arqueta recepción	
	Cambio de aceite en caso de fallo (0,48 L)	En caso de fallo
	Verificar sistema automático de regulación de nivel	Trimestral
	Limpiar los flotadores de boya	Trimestral
M7210	Soplante	
	Revisar rodamientos de la soplante	20.000 horas
	Controlar el filtro de aspiración	semanal
	Limpiar el filtro de aspiración	500 horas o semestral
	Controlar el nivel de aceite	semanal
	Controlar el grupo en cuanto a vibraciones y ruidos anormales	semanal
	Cambiar el aceite de lubricación	500 horas o semestral
	Controlar la nivelación del acoplamiento, o la alineación de las poleas y el tensado de las correas	500 horas o semestral
	Controlar la válvula de seguridad	1.000 horas
	Controlar la válvula de retención	1.000 horas
	Girar a mano la soplante y observar si la marcha es suave	500 horas o semestral
	Verificar el estado de los elementos elásticos (goma de arrastre) y eventualmente cambiarlos	8.000 horas o anual
	Verificar el estado de las correas y eventualmente cambiarlas	8.000 horas o anual
3114	pHmetro	

	Limpieza	Semanal
	Calibración	Trimestral
1124	Transmisor de oxígeno disuelto	
	Calibración del equipo	1-2 meses
	Calibración de la sonda	1-2 meses
	Inspección de la indicación de temperatura en el convertidor de oxígeno disuelto (comprobación de errores)	6 meses
	Cambio del fusible del convertidor de oxígeno disuelto	1-2 años
3117	Nivel boya depósito sosa	
	Comprobar correcto funcionamiento	Semanal
CV9102	Electroválvula recirculación externa	
	Comprobar correcto funcionamiento	Semanal
	Armario eléctrico	
	Limpieza completa	Semestral
	Verificación de tensiones de servicio	Semestral
	Limpieza conducciones ventilación variadores	Trimestral
	Comprobación estado conductores variadores	Trimestral
	Reapriete tornillería aparellaje	Semestral
	Comprobación estado conductores y contactos aparellaje	Trimestral
	Comprobación luminosidad pantalla táctil	Trimestral

3.6.1-Desengrase

Las actuaciones a llevar a cabo en el desengrasador son básicamente de limpieza y en el momento que sea necesario y se estime conveniente para un funcionamiento correcto.

3.6.2- Reactor biológico

Las actuaciones a llevar a cabo en el propio pozo de bombeo son básicamente de limpieza, en el momento que sea necesario y se estime conveniente para un funcionamiento correcto. El reactor biológico presente en la E.D.A.R.I. posee las siguientes características:

Nº de reactores biológicos	1
Tipo de reactor	Mezcla completa
Volumen útil del reactor (m ³)	45
Diámetro del reactor (m)	3,4
Altura lámina de agua (m)	5-5,2
Tiempo retención medio HRT (días)	3-5

3.6.3-Neutralización (entrada de reactivos químicos a proceso)

La concentración de sosa debe ser de un 25% (concentración recomendada para evitar su fácil congelación), y se llevará a cabo a través de un tubo de polietileno de 8 mm de diámetro interior y 12 mm de diámetro exterior, y con una presión máxima de 7 bar. Para la limpieza y el mantenimiento de la bomba de sosa, consultar la tabla sobre el Control de mantenimiento de los equipos del 3.6.

3.6.4-Grupo soplante

Las necesidades de O₂ en la E.D.A.R.I. son las siguientes:

Parámetro	Valor
Demanda de Oxígeno máxima	60 kgO ₂ /día

Para la limpieza y el mantenimiento del grupo soplante, consultar la Tabla sobre control de mantenimiento de los equipos.

3.6.5-Decantador lamelar

El decantador lamelar presente en la E.D.A.R.I. posee las siguientes características:

Decantador	1
Tipo de decantador	Lamelar sección rectangular
Área de decantación (m ²)	6-9
Carga hidráulica superficial (m ³ /m ² .h)	0,15-0,3
Carga superficial de sólidos (kg/m ² .h)	0,5-0,8

El mantenimiento de dicha unidad consistirá en revisiones periódicas, para observar las condiciones del efluente de salida y de la capa de fango. Además, periódicamente se revisará el canal de recogida de agua tratada para proceder a su limpieza si fuese necesario.

Por otra parte hay que comprobar la formación del lecho de fango decantado, así como el estado del paquete de lamelas para verificar que no se producen acumulaciones que puedan llegar a taponar parte del paquete.

3.6.6-Bombas de alimentación

Las bombas de alimentación están dotadas de tubos de guías y cadena para su extracción en caso de necesidad ante posibles actuaciones de mantenimiento o reparación.

Las operaciones de limpieza y mantenimiento de las bombas de alimentación están descritas con

3.6.6.1-Mantenimiento diario

- Comprobar el funcionamiento de las bombas.
- Comprobar las boyas de arranque y paro.
- Limpiar los sólidos gruesos que hayan podido quedar retenidos en el bombeo.

3.6.6.2-Mantenimiento mensual

- Comprobar la alternancia de las bombas.
- Comprobar el estado del sistema de izado de las bombas.
- Comprobar las válvulas de la compuerta y de retención.
- Comprobar el consumo de los motores eléctricos con el fin de detectar problemas si los hubiera.
- Comprobar que todos los elementos de protección eléctrica funcionan.

3.6.6.3-Mantenimiento anual

- Comprobar los niveles de aceite y rellenar o cambiar según el caso el aceite dieléctrico.
- Comprobar el grado de desgaste del rodete y de los cojinetes de apoyo.
- Pintar las bombas si se considera adecuado.

3.6.7-Acondicionamiento de fangos. Espesador de fangos

La producción de fangos en la planta es la siguiente:

Parámetro	Valor
Producción de fangos aprox. (biológico ofertado)	15/20 kg MS/día
Concentración lodos	1-2%MS

El mantenimiento de dicha unidad consistirá en revisiones periódicas para observar las condiciones del agua extraída y de la capa de fango. Periódicamente se revisará el canal de recogida de los lodos para proceder a su limpieza si fuese necesario, al igual que del canal de salida del agua extraída.

3.6.8-Filtro de arena y de carbón activo

3.6.8.1-Puesta en marcha del proceso de filtración

- La acometida eléctrica es monofásica a 220 VAC, con un seccionador general de 10 A.
- La acometida de aire comprimido no es necesaria.
- La acometida de agua de red no es necesaria.
- La salida del clarificado se realizará a través de una tubería en PVC DN50 PN16.

1) Para tener en marcha el proceso de filtración, en primer lugar poner las válvulas como se indica a continuación: (Ver diagrama de proceso 521 – DDF – 002)

- * V8 → Cerrada
- * V9 → Abierta
- * V7 → Abierta
- * V1 → Cerrada
- * V2 → Abierta
- * V3 → Abierta
- * V4 → Cerrada
- * V5 → Abierta
- * V6 → Abierta

-Si se quiere pasar toda el agua por el filtro de carbón, la válvula V4 ha de permanecer cerrada. Cuanto más abierta esté la válvula, menos agua pasará por el filtro de carbón. La regulación de esta válvula se realizará en la puesta en marcha ya que dependerá de la calidad deseada en el efluente final.

2) El funcionamiento en automático del proceso es el siguiente:

1. PROCESO DE FILTRACIÓN

- * Con nivel N1 activado se pone en marcha la bomba B1.
- * Con nivel N1 desactivado se para la bomba B1.
- * Regular caudal deseado mediante la válvula V10.

2. PROCESO DE LIMPIEZA

-LIMPIEZA FILTRO DE ARENA

Cuando el presostato PIC2, alcanza el valor de consigna establecido, se activa la limpieza del filtro de arena.

Durante la fase de limpieza la válvula motorizada SV101, se cierra con objeto de evitar que el agua de rechazo del lavado se vaya por tubería de salida del efluente final.

La válvula clack del filtro de arena cambia de posición enviando el agua de rechazo por la tubería de desagüe al espesador.

Durante todo el proceso de lavado, la válvula motorizada CV71718 permanece cerrada.

El tiempo de duración del lavado se programa en la válvula clack.

-LIMPIEZA FILTRO DE CARBÓN

Está temporizada a través de la válvula programadora. La limpieza se realiza a la hora programada los días seleccionados. El proceso de limpieza es el mismo que para el filtro de arena.

Nota: Si se activa el proceso de limpieza pero el depósito pulmón no tiene nivel de agua por encima del nivel N1, el proceso de limpieza quedará en stand-by hasta que haya nivel.

Nota: Para programar las válvulas clack ver manual de funcionamiento.

3) Consignas de control establecidas en la puesta en marcha

Caudal de trabajo	0,8 – 1,5 m ³ /h
Presión de trabajo bomba de alimentación a filtros	2 bar
Presostato de paro de la bomba de alimentación	3,5 bar
Presión en filtro de arena limpio	1,2 -1,4 bar
Presión de activación de lavado de filtro de arena	2,2 bar
Hora lavado de filtro de arena por defecto	18:30
Periodicidad lavado cronométrico filtro de arena	2 días
Hora de lavado de filtro de carbón	20:30 horas
Periodicidad lavado cronométrico filtro de carbón	2 días
Duración lavado filtro de arena	15 minutos a contracorriente y 8 minutos a equicorriente
Duración lavado filtro de carbón	15 minutos a contracorriente y 8 minutos a equicorriente

3.6.8.2-Alarmas

Con la instalación en marcha, pueden tener lugar cualquiera de las alarmas que se describen el cuadro adjunto. Si tiene lugar alguna de estas alarmas, la instalación quedará parada hasta que dicha alarma se solventa.

ALARMAS		
ALARMA	CAUSAS	REVISAR
1.-BOMBA PARADA	PRESIÓN BAJA	Bomba está trabajando en vacío. Revisar funcionamiento de boya de nivel. Revisar posibles atascos en tubería de aspiración o turbina de la bomba.
	PRESIÓN ALTA	Filtro de arena colmatado. Revisar consigna de presión para activación del ciclo de lavado.
	FALLO PROTECCIÓN MOTOR	Motor
2.-NIVEL ALARMA REBOSE	DEPÓSITO PULMON REBOSANDO	Bomba no funciona adecuadamente. Caudal de entrada superior al caudal bombeado.

3.6.9-Averías y fallos

3.6.9.1-Seta de emergencia

La seta de emergencia está integrada en un sistema con relés de seguridad y al pulsarla todos los elementos de potencia se quedan sin alimentación eléctrica, por lo que se paran instantáneamente.

La seta de emergencia tiene un enclavamiento mecánico y otro eléctrico, y para rearmarla se ha de proceder de la siguiente manera:

1. Girar $\frac{1}{4}$ de vuelta el pulsador de seta de emergencia
2. Pulsar el pulsador rearme seguridades.
3. La luz del pulsador rearme seguridades se encenderá.

Solo se ha de utilizar en caso de una emergencia en la instalación, y no para producir un paro de los elementos.

3.6.9.2-Averías de interruptores magnetotérmicos

Todos los motores de la instalación están protegidos eléctricamente con interruptores magnetotérmicos, que actúan cuando existe un cortocircuito en los cables de alimentación o cuando el motor consume más intensidad de la nominal.

Cada motor tiene un piloto rojo alojado en el cuadro de mandos que se encenderá en caso de avería.

Para solucionar este tipo de averías es preciso revisar el libro de instrucciones del equipo y seguir las indicaciones del apartado de “Anomalías de funcionamiento”. Si una vez adoptadas las medidas especificadas en el libro de instrucciones el problema persiste, consultar con el fabricante.

3.6.9.3-Averías de equipos de medición y control

Los equipos de medición y control tienen programadas una serie de alarmas. En caso de que tenga lugar alguna alarma, el equipo nos avisará mediante el mensaje correspondiente en el display.

Para identificar la avería y sus posibles soluciones, es preciso revisar el libro de instrucciones del equipo y seguir las indicaciones del apartado de “Anomalías de funcionamiento”. Si una vez adoptadas las medidas especificadas en el libro de instrucciones el problema persiste, consultar con el fabricante.

3.7-Manual de instrucciones de la E.D.A.R.I: Mantenimiento y normas de seguridad / CAUTION

3.7.1-Normas generales de seguridad

Las instrucciones de seguridad dadas a continuación se refieren a las exigencias básicas que se deben seguir y cumplir durante el funcionamiento rutinario de la planta y en las operaciones de mantenimiento. Las personas que operan y realizan el mantenimiento del sistema deben estar familiarizadas con los distintos motores, transmisiones, válvulas y otros actuadores del sistema.

Además, es necesario seguir las indicaciones de los manuales de los distintos equipos y aparatos. Las personas que realizan el mantenimiento del sistema deben leer y entender estos manuales, y prestar especial atención a las instrucciones de seguridad y precaución de cada uno de ellos.

Se deben seguir especialmente las instrucciones de las hojas de datos de seguridad de los materiales que se emplean.

Las instrucciones de seguridad dadas a continuación se refieren a las exigencias básicas que se deben seguir y cumplir durante el funcionamiento rutinario de la planta y en las operaciones de mantenimiento. Las personas que operan y realizan el mantenimiento del sistema deben estar familiarizadas con los distintos motores, transmisiones, válvulas y otros actuadores del sistema.

Además, es necesario seguir las indicaciones de los manuales de los distintos equipos y aparatos. Las personas que realizan el mantenimiento del sistema deben leer y entender estos manuales, y prestar especial atención a las instrucciones de seguridad y precaución de cada uno de ellos.

Se deben seguir especialmente las instrucciones de las hojas de datos de seguridad de los materiales que se emplean.

-Respetar las normas dadas en el manual de instrucciones:

- Es obligatorio conocer las normas y consignas básicas de seguridad para garantizar un manejo seguro y un funcionamiento sin averías de la instalación.
- El presente manual de instrucciones contiene normas muy importantes para una explotación segura de la instalación.
- El presente manual de instrucciones, y en particular las normas de seguridad, deben ser respetadas por cualquier persona que trabaje con la instalación.
- Además, deben respetarse las normas en vigor y la normativa sobre prevención de accidentes del lugar donde se utilice la instalación.

-Obligaciones de la empresa que explote la instalación:

La empresa que explote la instalación se compromete a que, con la misma, trabajen sólo personas:

- Que hayan sido informadas de las normas básicas relativas a seguridad en el trabajo y a prevención contra accidentes y de las normas para el manejo de la instalación.
- Que hayan leído el capítulo referente a la seguridad y las advertencias contenidas en el presente manual de instrucciones, que las hayan comprendido y que certifiquen en documento firmado el haberlo hecho.

Por otra parte, la empresa debe comprobar, a intervalos regulares, que el personal trabaja siguiendo las normas de seguridad.

Finalmente, la empresa que realice la explotación de la instalación deberá suministrar a su personal los equipos de protección requeridos.

Los cometidos del personal relativos al montaje, la puesta en servicio, la explotación y el mantenimiento deben estar claramente definidos.

-Obligaciones del personal:

Sólo debe trabajar con la instalación el personal que haya sido formado para ello y el personal que esté siendo formado debe trabajar bajo la vigilancia de una persona experimentada.

Cualquier persona a la que le sea encomendado trabajar con la instalación se compromete, antes de iniciar el trabajo a respetar las normas básicas sobre seguridad en el trabajo y prevención contra accidentes.

-Peligros del manejo de la instalación:

La instalación ha sido diseñada conforme al estado actual de la técnica y a la normativa en materia de seguridad industrial. A pesar de ello, al trabajar con la instalación existen peligros para la vida del usuario y de terceros y la instalación u otros bienes pueden sufrir daños materiales. Por ello, la instalación sólo debe utilizarse:

- para un uso conforme a las normas
- y cuando esté en perfecto estado desde el punto de vista de la seguridad industrial.

Cualquier avería que pueda suponer un riesgo para la seguridad debe ser reparada lo más rápidamente posible.

-Utilización conforme a las normas:

La instalación debe ser utilizada, exclusivamente, siguiendo las indicaciones contenidas en el capítulo «Manual de Operación». Cualquier otra utilización o una utilización que se salga del marco fijado no serán consideradas como conforme a las normas. La empresa constructora y de explotación no se responsabiliza de los daños ocasionados por una utilización tal. También supone una utilización conforme a las normas:

- el respeto de todas las normas contenidas en el manual de instrucciones y




-la ejecución de los trabajos de inspección y mantenimiento.

-Garantía y responsabilidad:

En principio, en este punto son aplicables las condiciones generales de venta y de entrega, que serán puestas a disposición de la empresa que realice la explotación de la instalación, como muy tarde, a la firma del contrato. Ahora bien, los derechos derivados de la garantía o la responsabilidad por daños sufridos por personas o bienes quedarán anulados cuando dichos daños tengan como causa una o varias de las siguientes:

- Utilización de la instalación no conforme a las normas.
- Montaje, puesta en servicio, manejo o mantenimiento de la instalación no conforme a las normas.
- Explotación de la instalación con equipos de seguridad defectuosos o instalados de manera no reglamentaria o dispositivos de seguridad y de protección que no estén en buen estado de funcionamiento.
- No respeto de las normas contenidas en el manual de instrucciones relativas al montaje, a la puesta en servicio, a la explotación y al mantenimiento de la instalación.
- Modificación arbitraria de la estructura de la instalación.
- Modificación arbitraria de los parámetros de funcionamiento especificados.
- Seguimiento incorrecto de los componentes de la instalación que estén sometidos a desgaste.
- Reparaciones efectuadas de manera no conforme.
- Catástrofes debidas a la acción de cuerpos extraños o a casos de fuerza mayor.

3.7.2- Señalización de áreas en la planta

	Símbolo que avisa de peligro de la integridad física
	Símbolo que avisa de peligro por tensión eléctrica
	Símbolo que avisa de la presencia de productos químicos peligrosos para la salud

Las instrucciones de seguridad cuyo no-seguimiento podría poner en peligro una unidad o equipo y sus funciones en el sistema, se señalan con la palabra:

CAUTION

El no-seguimiento de las instrucciones de seguridad puede conducir a peligros para la integridad física, así como para el medio ambiente y el sistema

3.7.3- Instrucciones

Se deben seguir siempre las instrucciones de funcionamiento y la secuencia de operaciones incluyendo los calendarios de mantenimiento tal y como aparecen en el manual y en los manuales técnicos de cada uno de los elementos.

3.7.4- Averías de la instalación

- ¡No efectuar, en ningún caso, modificaciones del software!
- Únicamente el personal formado para ello está habilitado para el control de la instalación.

3.7.5- Medidas de seguridad en funcionamiento normal

- Trabajar con la instalación sólo si todos los dispositivos de protección están en perfecto estado de funcionamiento.
- Antes de conectar a la red eléctrica la instalación, asegurarse de que nadie pueda quedar expuesto a un peligro por el hecho de ponerla en marcha.
- Comprobar que no haya daños externos visibles y la capacidad de funcionamiento de los dispositivos de seguridad al menos una vez por turno.
- Los elementos de protección de las partes móviles no deben ser nunca retirados mientras la unidad se encuentre en funcionamiento.

3.7.6- Entrenamiento y cualificación del personal

El personal a cargo del funcionamiento y el mantenimiento debe estar en posesión de las apropiadas atribuciones para realizar estas funciones. El personal que no posea dichas facultades y conocimientos debe recibir el entrenamiento y las instrucciones que le capaciten para operar con el sistema de manera segura.

3.7.7- Instrucciones de seguridad

Cualquier parte de la maquinaria potencialmente peligrosa debe ser manejada con precaución para prevenir al personal de cualquier daño accidental.
Los elementos de protección de las partes móviles no deben ser nunca retirados mientras la unidad se encuentre en funcionamiento.

3.7.8- Instrucciones de seguridad para las operaciones de mantenimiento, inspección, montaje y desmontaje

El personal a cargo de la instalación debe asegurarse que todo trabajo de mantenimiento, inspección, montaje y desmontaje se lleva a cabo por operarios autorizados y cualificados, que han estudiado con precisión las instrucciones de funcionamiento, y que poseen suficiente experiencia con el sistema.

Antes de la operación se debe asegurar que la estructura ha sido conectada a tierra debidamente.

El suministro de voltaje debe ser compatible con la señalización del armario eléctrico, y las fluctuaciones de tensión deben ser menores que el 5% del voltaje nominal.

Como regla básica, el sistema debe estar parado con el interruptor principal en la posición de OFF, antes de que se realice cualquier trabajo de mantenimiento y/o montaje. Se debe asegurar que la unidad no puede comenzar a funcionar accidentalmente. Inmediatamente después de finalizar el trabajo, todas las cubiertas protectoras y de seguridad deben ser colocadas en su lugar.

Se debe comprobar, que los motores conectados de nuevo, giran en la dirección indicada por la flecha del plato de montaje.

-Precaución: No dejar herramientas o piezas que puedan caer dentro del equipo y producir un accidente.

3.7.9- Peligros eléctricos

-Encomendar sólo a personal electricista cualificado los trabajos relacionados con la electricidad.

-Comprobar regularmente el equipo eléctrico de la instalación. En caso de conexiones sueltas o de cables quemados, tomar inmediatamente las medidas adecuadas.

-Los armarios eléctricos deben mantenerse siempre cerrados. El acceso debe estar permitido sólo al personal autorizado y que disponga de llave.

-Si se hace necesario efectuar trabajos sobre componentes conectados a la red, debe estar presente una segunda persona durante dichos trabajos con el fin de que pueda desconectar el interruptor principal en caso de necesidad.

3.7.10- Peligros hidráulicos y neumáticos

-Sólo está autorizado a trabajar en las instalaciones hidráulicas y neumáticas el personal con conocimientos específicos.

-Antes de empezar los trabajos, quitar la presión de las partes del sistema que deban ser abiertos.

-Cambiar los conductos constituidos por tubos blandos con una frecuencia adecuada, incluso si no hay ningún defecto visible que pueda suponer una amenaza para la seguridad.

3.7.11- Peligros químicos

-Utilizar EPIS adecuados para manipulación de productos químicos:

-Guantes de Látex

-Gafas integrales

-En caso de accidente seguir las instrucciones especificadas en la ficha de seguridad correspondiente.

3.7.12- Mantenimiento y reparación de las averías

- Efectuar los trabajos especificados de ajuste, mantenimiento e inspección en los plazos previstos.
- Informar a los operarios antes de comenzar con los trabajos de mantenimiento.
- Todos los componentes de la instalación y los medios de explotación, tales como el aire comprimido y el sistema hidráulico, deben estar equipados contra una puesta en marcha accidental.
- Desconectar la instalación de la red eléctrica para cualquier trabajo de mantenimiento, inspección y reparación y equipar el interruptor principal contra una conexión accidental.
- Cerrar el interruptor principal y quitar las llaves.
- Poner un cartel de advertencia para que nadie conecte la instalación.
- Cuando se trate de una sustitución, fijar los sub-grupos de gran tamaño con el gato y bloquear.
- Una vez terminados los trabajos de mantenimiento, comprobar el funcionamiento de los dispositivos de seguridad.

3.7.13- Modificaciones y reposición de piezas de la instalación

No proceder a ninguna modificación, montaje adicional o transformación sin la autorización previa de la empresa constructora y de explotación. Lo anterior es igualmente aplicable a soldaduras efectuadas en las partes de sustentación.

Las modificaciones o cambios en el funcionamiento del sistema o la reposición de piezas deben ser realizadas de acuerdo con las instrucciones del fabricante. El uso de piezas no autorizadas puede conducir, en caso de accidente, a la anulación de la responsabilidad del fabricante.

3.7.14- Limpieza de la instalación y eliminación de materiales

Manipular y eliminar las sustancias y materiales utilizados de manera adecuada, y en particular:

- Cuando se trate de trabajos efectuados en los sistemas y dispositivos de engrasado.
- Cuando se efectúe la limpieza utilizando disolventes.

3.8- Caracterización de la E.D.A.R.I. Instalaciones, equipos e instrumentación de la E.D.A.R.I.

La E.D.A.R.I. de Ballobar posee las siguientes **características**:

-La **acometida eléctrica** es trifásica. El suministro de la energía a la Estación Depuradora se realizará a través de la línea de media tensión situada cerca de la parcela. La acometida se llevará a cabo mediante una línea subterránea, desde el punto de entronque hasta la conexión con el Centro de Transformación de la depuradora.

-**Materia prima principal**: Agua residual industrial.

-**Calidad de la materia prima**: Baja contaminación.

-**Volumen de materia prima a tratar**: Variable a lo largo del día y a lo largo del año.

- Otras materias primas utilizadas:** Energía eléctrica, aire y reactivos químicos.
- Producto principal:** Agua depurada (regenerada).
- Calidad del producto:** Parámetros de calidad de salida con un estándar mínimo (impuesto por ley).
- Subproductos:** Lodos y residuos sólidos.
- Tipo de proceso productivo:** En discontinuo.
- Necesidades de mano de obra:** Baja.
- Grado de automatización:** Bajo.

En cuanto a las **instalaciones**, aparte del plano o flujograma de funcionamiento que se muestra en el apartado 3.3, tenemos otro tipo de salas e instalaciones, tales como otros depósitos, almacenes, oficinas, módulos de energía, etc. (Ver en Anexos el Plano de las instalaciones)

Los **equipos e instrumentación** a utilizar en la E.D.A.R.I. de Ballobar son los siguientes (ver en Anexos los Datasheets correspondientes):

- Una bomba de sosa [M3210].
- Una bomba de alimentación al biológico [M1120].
- Una bomba de recirculación y purga [M7110].
- Una bomba en la arqueta de recepción [M1110].
- Un grupo soplante para airear el agua contenida en el reactor biológico, compuesto por un variador de velocidad [FC7211] y una bomba [M7210].
- Un pHmetro [QUICA±3114] compuesto por la sonda o sensor de pH (electrodo) y el pHmetro en sí.
- Un oxímetro o transmisor de oxígeno disuelto [DOICA±1124] que mide el nivel de oxígeno disuelto del agua del interior del reactor biológico, compuesto por la sonda o sensor de oxígeno y el oxímetro en sí.
- Un caudalímetro [FIQT 7114] situado en la zona de salida del vertido del decantador lamelar, previo al proceso de tratamiento terciario.
- Un caudalímetro [FIQT 7124] situado en la zona de recirculación de fangos.
- Un manómetro [PI±1324] situado en la zona donde el agua va del depósito pulmón al reactor biológico.
- Un manómetro [PI±1314] situado en la zona donde el agua va de la arqueta de recepción al desengrasador.
- Una boya para medir el nivel mínimo [LAL 3117] del depósito de sosa.
- Detectores de nivel alto (LAH 1118 y 1128) y bajo (LAL 1117 y 1127) de la arqueta de recepción y del depósito pulmón/bombeo respectivamente.
- Una electroválvula o válvula de bola con actuador eléctrico [CV9102] situada en la zona de recirculación externa de fangos, cuya función es regular el paso o corte de agua hacia el decantador lamelar.
- Un cuadro eléctrico.
- Dentro del tratamiento terciario tenemos:
 - Una bomba prisma 15.
 - Carbón activo granular (bituminoso) MG 1050, con granulación 8x30 para la potabilización del agua.
 - Equipo de válvula Clack con programador.

-Los **EPIs** que se deben utilizar son los siguientes:

- Botas de seguridad con punta anti-golpes de acero.
- Gafas de seguridad anti-salpicaduras, con protección lateral.

- Guantes, preferiblemente de material plástico.
- Ducha para lavado general y para lavado de ojos.

3.9-Gestión de la utilización, explotación y mantenimiento de la E.D.A.R.I.

El régimen de utilización y explotación de la E.D.A.R.I. de la empresa P.A.S.A. Ballobar abarcará, básicamente, las siguientes obligaciones:

- Mantener el funcionamiento normal de la Estación, de forma ininterrumpida, y gracias a los procesos que en ella se dan, conseguir en todo momento no sobrepasar los límites establecidos en la Autorización de Vertido concedida por la Confederación Hidrográfica del Ebro (C.H.E.), que es el Organismo de cuenca competente.

4. CONCLUSIONES

Las conclusiones que pueden ser extraídas del estudio de la E.D.A.R.I. de Ballobar, junto con el estudio de las consideraciones generales de una E.D.A.R.I., son que las E.D.A.R.I. cumplen un importante papel en la industria y el medioambiente, consiguiendo depurar las aguas contaminadas que entran al principio del proceso de depuración para que puedan ser vertidas posteriormente a un río, embalse, cauce superficial o acuífero subterráneo según sea el caso, sin peligro para la naturaleza. En el caso de la E.D.A.R.I. de Ballobar al río Cinca.

Por otro lado los lodos deben ser gestionados acorde con la reglamentación vigente.

El estudio de las partes que componen la E.D.A.R.I. objeto del presente proyecto y de los procesos que en ella se dan me ha permitido obtener amplios conocimientos sobre el funcionamiento y las partes e instalaciones de las que se compone, aprendiendo nuevos conceptos en cuanto a los procesos químicos presentes, además de ver cómo funciona la parte eléctrica y de automatizado, y familiarizándome con las instalaciones, equipos e instrumentación que se dan en ella, junto con las tareas, normas y recomendaciones de mantenimiento y seguridad que deben seguirse.

5. BIBLIOGRAFÍA

-Libros:

- Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Metcalf & Eddy. Editorial Mc GRAW HILL. (Capítulos: 7, 8, 9)

-Páginas web:

http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt2_tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf

http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/Mantenimiento_EDAR.pdf

http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/manual_tratamiento.pdf

- (1) Empresas POLAR, Los Cortijos, “Tratamiento Anaeróbico”. Caracas, 2000
- (2) Metcalf&Eddy, “Ingeniería de Aguas Residuales”. 3^{ra} Edición. McGraw Hill. México, 1996
- (3) W.S.Tyler, “Manual de Tela Metálica Tyler”. Catálogo 74. Edición 1990, pp.37

Fuentes Digitales

- (4) A.C.S Medio Ambiente. “Plantas Depuradoras de Agua”. Disponible en: <http://www.acsmedioambiente.com>
- (5) “La depuración de aguas residuales E.D.A.R.” Disponible en: <http://www.geocities.com/rainforest>
- (6) Secretariado de Manejo del Medio Ambiente para América Latina y el Caribe. “Cap. 3: Planta de tratamiento de aguas

http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/La_calidad_del_agua._Marco_jur%C3%ADdico

http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/iberlex.php

<http://es.wikipedia.org>