



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

**ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA  
E.D.A.R. PARA EL MUNICIPIO  
DE MULA (MURCIA)**

*PROYECTO FIN DE CARRERA*

Autor: Alberto Antonio De Ramón Fernández

Director/a/s: Stella Moreno Grau

Septiembre de 2011



## *AGRADECIMIENTOS*

Me gustaría agradecer con todo mi cariño, a todas aquellas personas que han participado, de una forma u otra, en la elaboración de este Trabajo Fin de Carrera.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi directora de Proyecto en la Universidad Politécnica de Cartagena, Estella Moreno Grau por su extraordinaria dirección y constante colaboración.

También quiero mostrar mi gratitud a todos mis amigos, por su ánimo y apoyo incondicional.

A M<sup>a</sup> José, por su ayuda y por supuesto, por estar siempre ahí.

Por último, agradecerles a mis padres, Loli y Antonio, y a mi hermano Alejandro, su apoyo y su paciencia durante todos estos años. Este Proyecto va dedicado especialmente a ellos.

Gracias a todos vosotros, he conseguido llegar hasta el final.



## ÍNDICE GENERAL

	<b>PÁGINAS</b>
MEMORIA .....	13 - 265
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	270-295
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	300-343
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS .....	350-441
PRESUPUESTO ESTIMADO .....	446-449
BIBLIOGRAFÍA .....	452-454



**MEMORIA**





## ÍNDICE MEMORIA

PÁGINA

### INTRODUCCIÓN A LA DEPURACIÓN DE AGUAS

1. INTRODUCCIÓN .....	13
1.1 CICLO HIDROLÓGICO DEL AGUA	
1.2 AGUAS RESIDUALES: DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN	
1.3 CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS	
1.3.1 PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN	
1.3.2 EFECTOS Y CONSECUENCIAS	
1.4 RECORRIDO HASTA LAS PLANTAS DEPURADORAS	
1.5 CONCEPTO DE E.D.A.R. ASPECTOS BÁSICOS Y CLASIFICACIÓN	
1.6 TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN. CLASIFICACIÓN	
1.6.1 SEGÚN MEDIO DE ELIMINACIÓN DE LOS CONTAMINANTES	
1.6.2 SEGÚN LA FASE DE DEPURACIÓN	
1.6.3 SEGÚN EL COSTE DE LA EXPLOTACIÓN Y LA TECNOLOGÍA EMPLEADA	
1.7 PROCESOS DE LA DEPURACIÓN SEGÚN EL MEDIO DE ELIMINACIÓN	
1.7.1 PROCESOS FÍSICOS	
1.7.2 PROCESOS QUÍMICOS	
1.7.3 PROCESOS BIOLÓGICOS	
1.7.3.1 CLASIFICACIÓN DE PROCESOS BIOLÓGICOS	
1.8 ¿ QUÉ ES UNA ETAP ?	
1.9 FASES DE LA DEPURACIÓN SEGÚN EL TIPO DE TRATAMIENTO	
1.9.1 FUNCIONAMIENTO DE UNA E.D.A.R. FÍSICO-QUÍMICA	
1.9.2 FUNCIONAMIENTO DE UNA E.D.A.R. BIOLÓGICA	
1.9.3 LÍNEA DE GAS DE UNA DEPURADORA	
1.10 REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	
1.11 POSIBLES TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL	
1.11.1 NÚMERO DE LÍNEA DE AGUAS	
1.11.2 NÚMERO DE LÍNEAS DE FANGO	

1.12 ESQUEMA SECUENCIAL DE UNA DEPURACIÓN CONVENCIONAL

1.13 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

## **BASES DE DISEÑO**

2.1 POBLACIÓN EQUIVALENTE ..... 57

2.2 DOTACIÓN DEL CAUDAL

2.3 CAUDALES DE DISEÑO

2.4 DATOS DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA RESIDUAL BRUTA

2.5 RESULTADOS A OBTENER

2.6 SOLUCIONES DE TRATAMIENTO

## **OBRA DE LLEGADA**

3.1 ACOMETIDA ..... 71

3.2 ALIVIADERO DE ENTRADA CON BY-PASS

3.3 DEPÓSITOS DE RETENCIÓN

3.3.1 FUNCIONES DE UN DEPÓSITO DE RETENCIÓN

3.3.2 TIPOLOGÍAS DE LOS DEPÓSITOS DE RETENCIÓN

3.3.2.1 DEPÓSITOS SIN DERIVACIÓN

3.3.2.2 DEPÓSITOS CON DERIVACIÓN

3.3.2.3 DEPÓSITOS MIXTOS

3.3.2.4 DIMENSIONADO DEPÓSITO

## **PRETRATAMIENTO**

4. INTRODUCCIÓN ..... 79

4.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO

4.2 OPERACIONES DE PRETRATAMIENTO

4.3 DESBASTE

- 4.3.1 POZO DE GRUESOS
  - 4.3.1.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO
  - 4.3.1.2 NORMAS GENERALES DE DISEÑO
  - 4.3.1.3 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO
  - 4.3.1.4 EXTRACCIÓN DE RESIDUOS GENERADOS EN EL POZO DE GRUESOS
- 4.3.2 DESBASTE CON TAMICES
  - 4.3.2.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DESBASTE CON TAMICES
  - 4.3.2.2 NORMAS GENERALES DE DISEÑO DE TAMICES
- 4.3.3 REJAS DE DESBASTE
  - 4.3.3.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO
  - 4.3.3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS REJAS
  - 4.3.3.3 REJAS DE LIMPIEZA AUTOMÁTICA
  - 4.3.3.4 NORMAS GENERALES DE DISEÑO
  - 4.3.3.5 EXTRACCIÓN DE RESIDUOS EN LAS REJAS
- 4.3.4 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO
- 4.4 DESARENADO
  - 4.4.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO
  - 4.4.2 NORMAS GENERALES DE DISEÑO
  - 4.4.3 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO
  - 4.4.4 EXTRACCIÓN DE RESIDUOS GENERADOS EN EL DESARENADOR/DESENGRASADOR

## **TRATAMIENTO PRIMARIO**

- 5. INTRODUCCIÓN ..... 113
  - 5.1 DECANTACIÓN
    - 5.1.1 OBJETIVO Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO
    - 5.1.2 EQUIPOS UTILIZADOS
    - 5.1.3 DECANTADOR CIRCULAR
    - 5.1.4 NORMAS GENERALES DE DISEÑO EN DECANTADORES CIRCULARES
    - 5.1.5 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO
    - 5.1.6 RESIDUOS GENERADOS

## **TRATAMIENTO BIOLÓGICO**

- 6. INTRODUCCIÓN ..... 129

- 6.1 FANGOS ACTIVOS Y FILTROS PERCOLADORES (LECHOS BACTERIANOS)
- 6.2 FILTROS PERCOLADORES (LECHOS BACTERIANOS)
  - 6.2.1 OBJETIVOS DEL PROCESO Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO
  - 6.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS RELLENOS
    - 6.2.2.1 RELLENO DE PIEDRA
    - 6.2.2.2 RELLENO DE MATERIAL PLÁSTICO
  - 6.2.3 NORMAS GENERALES DE DISEÑO
  - 6.2.4 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO
  - 6.2.5 VENTILACIÓN DEL LECHO
  - 6.2.6 EQUIPOS DE AIREACIÓN
    - 6.2.6.1 DIFUSORES
    - 6.2.6.2 SOPLANTES
  - 6.2.7 PRODUCCIÓN DE FANGOS EN EXCESO
  - 6.2.8 RECIRCULACIÓN DE FANGOS
  - 6.2.9 RECOGIDA DEL AGUA
  - 6.2.10 PROBLEMAS DE LOS LECHOS BACTERIANOS
- 6.3 ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO

## **DECANTACION SECUNDARIA**

- 7. INTRODUCCIÓN ..... 163
  - 7.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO
  - 7.2 NORMAS GENERALES DE DISEÑO DE LOS DECANTADORES SECUNDARIOS
  - 7.3 SOLUCIÓN ADOPTADA. DIMENSIONADO DEL DECANTADOR SECUNDARIO

## **TRATAMIENTO FÍSICO-QUÍMICO Terciario**

- 8. INTRODUCCIÓN ..... 171
  - 8.1 COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN
    - 8.1.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO
      - 8.1.1.1 COAGULACIÓN
      - 8.1.1.2 FLOCULACIÓN
      - 8.1.1.3 ENSAYOS DE LABORATORIO
      - 8.1.1.4 REACTIVOS UTILIZADOS

- 8.1.1.5 FASES DEL PROCESO
- 8.2 NORMAS GENERALES DE DISEÑO
  - 8.2.1 REACTOR DE MEZCLA
  - 8.2.2 FLOCULADOR
  - 8.2.3 DECANTADOR LAMELAR
  - 8.2.4 FLOTADORES
- 8.3 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO
  - 8.3.1 COAGULADOR
  - 8.3.2 FLOCULADOR
  - 8.3.3 DECANTADOR LAMELAR
    - 8.3.3.1 NORMAS GENERALES DE DISEÑO DE UN DECATANDOR LAMELAR
    - 8.3.3.2 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO
    - 8.3.3.4 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO
- 8.4 PRE-POST CLORACIÓN
- 8.5 FILTRACIÓN POR GRAVEDAD-TERCIARIO
  - 8.5.1 TIPOS DE FILTRACIÓN
  - 8.5.2 DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN DE FILTRACIÓN EN MEDIO GRANULAR
    - 8.5.2.1 ESTRUCTURA DE UN FILTRO
    - 8.5.2.2 PROCESO DE FILTRACIÓN
  - 8.5.3 LOS MEDIOS FILTRANTES
    - 8.5.3.1 LA MATERIA PRIMA
    - 8.5.3.2 LA FABRICACIÓN O PROCESADO DE LA MATERIA PRIMA DE LOS MEDIOS FILTRANTES
    - 8.5.3.3 EL DISEÑO DE LA APLICACIÓN DE LOS MEDIOS FILTRANTES
  - 8.5.4 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO
- 8.6 DESINFECCIÓN. RADIACIÓN ULTRAVIOLETA
  - 8.6.1 CLASIFICACIÓN DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA
  - 8.6.2 DESINFECCIÓN CON UV
  - 8.6.3 FACTORES QUE AFECTAN LA DESINFECCIÓN CON UV
  - 8.6.4 USO DE LAS LÁMPARAS DE UV

## LÍNEA DE FANGOS

9. INTRODUCCIÓN .....	219
-----------------------	-----

- 9.1 OBJETIVO Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO
- 9.2 PROCESOS UTILIZADOS EN TRATAMIENTO DE FANGOS
  - 9.2.1 ESPESAMIENTO
    - 9.2.1.1 NORMAS GENERALES DE DISEÑO
    - 9.2.1.2 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO
  - 9.2.2 ESTABILIZACIÓN. OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO
    - 9.2.2.1 NORMAS GENERALES DE DISEÑO
    - 9.2.2.2 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO
  - 9.2.3 DESHIDRATACIÓN. OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO
    - 9.2.3.1 SOLUCIÓN ADOPTADA. FILTRACIÓN A PRESIÓN
    - 9.2.3.2 BASES DE DISEÑO. CÁLCULO DE FANGOS DESHIDRATADOS
- 9.3 ESQUEMA DEL CONCENTRACIONES DE FANGO
- 9.4 DESODORIZACIÓN
- 9.5 DESINFECCIÓN
- 9.6 DESTINO FINAL DE LOS LODOS DESHIDRATADOS
  - 9.6.1 APLICACIÓN DIRECTA SOBRE EL TERRENO
    - 9.6.1.1 EXTENSIÓN AL TERRENO E INYECCIÓN DE LODOS.
    - 9.6.1.2 REVEGETACIÓN DE TERRENOS
    - 9.6.1.3 RECUPERACIÓN DE TERRENOS DAÑADOS
    - 9.6.1.4 EXTENSIÓN SOBRE TERRENOS EN BOSQUES
  - 9.6.2 COMPOSTAJE
  - 9.6.3 VERTEDERO

## **INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

- 10.1 ACOMETIDA EN M.T. 20 KV ..... 253
- 10.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
- 10.3 ALIMENTACIÓN EN B.T.
- 10.4 MEJORA DEL FACTOR DE POTENCIA
- 10.5 CENTROS DE CONTROL DE MOTORES
- 10.6 . GRUPO ELECTRÓGENO DE EMERGENCIA

- 10.7 LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN
- 10.8 ALUMBRADO EXTERIOR E INTERIOR
- 10.9 TOMA DE CORRIENTE
- 10.10 INSTALACIONES VARIAS
- 10.11 RED DE TIERRA Y SEGURIDAD DE LA PLANTA

## **LEGISLACIÓN**

- 11.1 LEGISLACIÓN ESTATAL ..... 263
- 11.2 LEGISLACIÓN AUTONÓMICA





# ***INTRODUCCIÓN A LA DEPURACIÓN DE AGUAS***



## 1. INTRODUCCIÓN

El aumento de los niveles de vida del hombre ha acarreado un incremento de su interacción con el medio que lo rodea. Esta vinculación del hombre con el medio ambiente ha traído consigo el detrimento de los recursos naturales, por la explotación de dichos recursos y por el aumento de los desechos de la actividad humana. Entre los recursos naturales de los que disfruta el hombre, uno de los que mayor trascendencia ha tenido y sigue teniendo en el desarrollo de la humanidad es el agua, factor esencial para la actividad humana. Es, sin duda, uno de los compuestos más valorados en el mundo. El agua es un bien escaso por lo que las corrientes técnicas en la actualidad se dirigen, no sólo a su obtención sino, también, a su correcta utilización y adecuada devolución a su ciclo natural.

Se trata de evitar que el agua, tras ser utilizada por el hombre, regrese contaminada al medio natural.

En España, la gestión de agua ha representado uno de los principales factores de crecimiento de nuestro país, siendo sobre todo, una parte fundamental en el desarrollo económico del siglo XX. Tradicionalmente, el agua en España ha presentado dos grandes problemas. El primero es que se trata de un bien escaso, cuyas dificultades de obtención se ponen aún más de manifiesto en periodos de sequía. El segundo es el deterioro de la calidad del agua en determinados tramos de nuestra red hidrográfica, como consecuencia de los vertidos procedentes de las aglomeraciones urbanas.

Antiguamente, los cauces de los ríos y zonas del litoral recibían directamente el agua residual que se generaba, sin tratamiento previo, ya que eran capaces de ejercer como medio depurador de los agentes contaminantes de estas aguas. A comienzos del siglo XX, debido al incremento de la carga contaminante y a los menores caudales circulantes por el notable incremento de usos, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios. Esto llevó a la construcción de instalaciones de depuración. Aproximadamente en aquellos mismos años se introdujo la fosa séptica como mecanismo para el tratamiento de las aguas residuales domésticas tanto en las áreas suburbanas como en las rurales. Desde la década de 1970, se ha generalizado en el mundo industrializado la cloración, un paso más dentro del tratamiento químico, con el objetivo de desinfectar el agua y hacerla apta para el consumo humano.

La cantidad total de agua que existe en la Tierra, en sus tres fases (sólida, líquida y gaseosa) siempre se ha mantenido constante. Esto ha sido posible gracias a un ciclo cerrado (evaporación, precipitaciones, infiltraciones, salida al mar) conocido como ciclo hidrológico del agua.

## **1.1 CICLO HIDROLÓGICO DEL AGUA**

Se puede definir este ciclo hidrológico como una secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre a la atmósfera en forma de vapor (evaporación directa y transpiración de las plantas y animales) y más tarde regresar en estado líquido o sólido.

El vapor de agua es transportado por la circulación atmosférica y más tarde se condensa, formando así, nieblas y nubes. El agua contenida en las nubes regresará a la superficie terrestre en forma de nieve, granizo o lluvias. Las aguas que precipitan en tierra pueden tener varios destinos: una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación, otra parte se infiltra en el suelo y la parte que queda se desliza formando ríos hasta ir a desembocar a lagos y océanos.

Debido al ciclo hidrológico del agua, estas aguas contaminadas nos vuelven en forma de lluvias, por lo que antes de ser consumida la debemos tratar, y esta es la función básica de las potabilizadoras, conseguir un agua desinfectada y limpia de contaminación, evitando así el riesgo de salud, epidemias...

El ciclo de uso del agua consta de las siguientes fases:

### **I. Abastecimiento**

El abastecimiento de agua potable consiste en la captación de agua bruta, su potabilización y posterior distribución para su consumo. Para la captación se utilizan las aguas superficiales (embalses y ríos), las aguas subterráneas (pozos y manantiales) y el agua del mar y salobre. Esta captación se realiza mediante sistemas de bombeo que controlan la cantidad de agua que se suministra a la planta. En la zona de captación se instala un equipo de desbaste de residuos y vegetación. Posteriormente se le aplica un tratamiento más o menos complejo según la calidad del agua en su origen. Este proceso se realiza en las Estaciones

de Tratamiento de Agua Potable (ETAP). Veamos con más detenimiento las distintas etapas del proceso:

- Etapa 1. Cámara de mezcla

Está compuesta por un tanque donde el agua bruta se mezcla con reactivos químicos mediante un equipo mecánico o batidor. El primer reactivo es el “Ajustador” de pH. La dosis de éste dependerá de la acidez y la mineralización del agua a tratar.

Seguidamente se le añadirá “Oxidante” que actúa sobre los compuestos presentes en el agua, ayudando de esta forma a la eliminación de microorganismos nocivos para las personas. Como oxidantes se utilizan actualmente el ozono, el permanganato potásico y el cloro.

Por último se le añade “Coagulante”, que provoca que se desestabilice el estado de suspensión de los sólidos contenidos en el agua natural y comiencen a aglomerarse. También ayuda a inhibir ciertos compuestos orgánicos. Los principales coagulantes utilizados son: sulfato de aluminio, cloruro férrico, y policloruro de aluminio.

- Etapa 2. Cámara de floculación

Al inicio de esta etapa, se añade un reactivo conocido como floculante o polímero auxiliar para ayudar a la formación de partículas de mayor tamaño y peso, lo que aumenta el rendimiento de la eliminación de sólidos.

Inmediatamente después, el agua circulará por varios tanques en serie donde se acelera la aglomeración de partículas, consiguiendo de esta forma que alcancen una densidad mayor que el agua mediante la ayuda de paletas mecánicas.

- Etapa 3. Decantadores

En este proceso, a través una serie de tanques en los cuales las partículas sedimentan por acción de la gravedad, se consigue la separación de la mayor parte de los componentes orgánicos, metálicos y sólidos suspendidos en el agua.

- Etapa 4. Filtros

Fase en la que se realiza un tratamiento de afino, eliminando las partículas de menor peso y tamaño que no fueron desechadas anteriormente.

Se compone de una serie de cámaras que contienen el material filtrante a través del cual va a pasar el agua. Este material está compuesto de arena, cuya granulometría está definida acorde a la calidad del agua a tratar. Según la calidad del agua bruta, la etapa de filtración sobre arena se puede complementar con una filtración sobre carbón activado, para eliminar pesticidas, sabores y olores.

- Etapa 5. Desinfección

Después de la etapa de filtración se añade un desinfectante al agua, asegurando de esta forma su calidad microbiológica y convirtiéndola en agua apta para el consumo.

## II. Almacenamiento de agua potable

Una vez producida, el agua potable se almacena en depósitos para garantizar el suministro a los usuarios, independientemente de la capacidad de producción y de la demanda de los consumidores. Los depósitos permiten así regular y adecuar los volúmenes de agua disponibles. Por regla general, los depósitos están ubicados en puntos elevados, lo que permite su distribución por gravedad sin tener que recurrir al bombeo.

### III. Red de abastecimiento

Una vez que el agua potable ha sido almacenada en los depósitos, es suministrada a los consumidores a través de la red de abastecimiento compuesta por una amplia infraestructura de tuberías que la transporta desde el depósito hasta el grifo de cada casa. El cuidado y vigilancia de la red de abastecimiento es fundamental para:

- Evitar posibles fugas que supongan pérdida de agua potable.
- Realizar mejoras que garanticen el suministro.
- Mantener el nivel de los depósitos para asegurar un suministro de agua óptimo.
- Identificar en el mínimo plazo posible cualquier avería que suponga una interrupción del suministro.
- Reparar o reemplazar con la mayor premura cualquier canalización defectuosa para garantizar la cantidad y la calidad del agua suministrada a los consumidores.

### IV. Red Saneamiento

El agua, una vez consumida en los hogares, comercios o industrias, se recoge a través de la red de alcantarillado y de las Estaciones de Rebombeo de Aguas Residuales (ERAR) hasta las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), para ser procesada y reciclada.

### V. Depuración

Las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) juegan un papel fundamental en el ciclo del agua. En ellas se procesa y recicla el agua antes de retornarla al medio natural receptor, lo que contribuye notablemente a la preservación de los recursos naturales.

La construcción, operación y mantenimiento de estas estaciones es algo complejo y muy costoso, pero la calidad de nuestro medio ambiente depende

de ello. Las EDAR permiten eliminar las contaminaciones físico-químicas y biológicas, su clasificación depende de los procesos que utilizan, pudiendo ser de tratamiento primario, secundario y terciario.

El proceso de eliminación de la contaminación en las EDAR con tratamiento primario, se fundamenta básicamente en la sedimentación. En el secundario, además del proceso anterior, añaden una etapa biológica. Y por último, en el terciario interviene también un proceso complementario de filtrado y desinfección, que mejora la calidad del agua de salida, pudiendo reutilizarla en el riego para agricultura o de parques y jardines, o limpieza.

## **1.2 AGUAS RESIDUALES: DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN**

El término “aguas residuales” surge como consecuencia de la utilización del agua por parte del hombre no sólo para su consumo, sino también para su actividad y confort, convirtiendo las aguas usadas en vehículo de desechos.

La contaminación de las aguas es un aspecto importante que rompe el equilibrio existente entre el hombre y su medio, por lo que la prevención y lucha contra ella constituye hoy en día una necesidad de gran importancia. La contaminación tanto de aguas superficiales como subterráneas (ríos, lagos, embalses, acuíferos, mar) puede ser generada por los siguientes factores:

- Precipitación atmosférica (lluvia, nieve, granizo, etc.).
- Escorrentía agrícola y de zonas verdes.
- Escorrentía superficial de zonas urbanizadas.
- Vertidos de aguas procedentes del uso doméstico.
- Descarga de vertidos industriales.

Atendiendo a su procedencia, se puede establecer la siguiente clasificación de aguas residuales y contaminadas:



## I. Aguas de Escorrentía

Son las aguas procedentes de la escorrentía superficial provocada por las precipitaciones atmosféricas, aguas de limpieza de calles y drenajes. Se caracterizan por grandes aportaciones intermitentes de caudal, y por una contaminación importante durante los primeros 15-30 minutos en caso de precipitaciones. Las cargas contaminantes se incorporan al agua al atravesar la atmósfera y por el lavado de superficies y terrenos.

El proceso de tratamiento de las aguas de lluvia ocasiona algunas dificultades en las depuradoras, sobre todo, en las de pequeñas dimensiones, como consecuencia de las enormes diferencias entre los caudales medios de tiempo seco y los caudales de aguacero. Los principales problemas que pueden encontrarse son:

- Excesivos caudales que la planta no tiene capacidad para absorber.
- Aporte de gran cantidad de arenas.
- Aporte de gran cantidad de productos voluminosos, pudiendo llegar a obstruir rejillas o tamices.

La contaminación provocada por las aguas de escorrentía viene, por tanto, originada por:

- Elementos de la contaminación atmosférica: lluvias ácidas.
- Restos de la actividad humana y asociada (papeles, colillas, excrementos de animales,...), restos de la recogida y evacuación de basuras, etc.
- Residuos del tráfico (aceites, grasas, hidrocarburos, compuestos fenólicos y de plomo, etc.).
- Arenas, residuos vegetales y biocidas (insecticidas, herbicidas, abonos,..).
- Contaminación aportada por las aguas de drenaje (aguas salobres, fugas de alcantarillado, etc.).

## II. Aguas residuales urbanas

Llamamos aguas residuales urbanas a los líquidos procedentes de la actividad humana, que llevan en su composición gran parte de agua. La contaminación que originan los núcleos urbanos procede de la utilización del agua en los servicios domésticos, en la limpieza de locales comerciales y en el servicio público. Por otra parte, las aguas pluviales que provienen de las zonas urbanas, aportan también, una carga importante de contaminación.

La contaminación principal de las aguas residuales domésticas está formada por materia orgánica, tanto en suspensión como en disolución, que en gran parte son de tipo degradable.

Los aportes que generan esta agua son:

- Aguas negras o fecales.
- Aguas de lavado doméstico.
- Aguas procedentes del sistema de drenaje de calles y avenidas.
- Aguas de lluvia y lixiviados.

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad en cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc.

## III. Aguas residuales industriales

Las aguas residuales industriales son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua.

Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no sólo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria. Estas son más contaminadas que las

aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar.

A veces, las industrias no emiten vertidos de forma continua, sino únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas del año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día.

Su alta carga unida a la enorme variabilidad que presentan, hace que el tratamiento de las aguas residuales industriales sea complicado, siendo preciso un estudio específico para cada caso.

#### **IV. Aguas de origen agropecuario**

Son aguas procedentes de actividades agrícolas y ganaderas. La contaminación de este tipo de aguas es muy importante, dada la alta concentración que puede llegar a tener.

Además de contener sustancias similares a los vertidos de origen doméstico, pueden contener productos característicos de la actividad agraria tales como: fertilizantes, biocidas, estiércol, etc.

En cuanto a los fertilizantes, resaltar que antes eran de origen orgánico y hoy han sido casi sustituidos por abonos de origen inorgánico, tales como sulfatos, nitratos, fosfatos, etc., de especial incidencia en la contaminación de aguas. Excepto en el caso de vertidos procedentes de granjas de ganadería intensiva, la contaminación de origen agropecuario suele ser difusa en el territorio y afectar a los suelos y acuíferos bajo el área afectada.

Esta característica la convierte en una contaminación de muy difícil tratamiento, siendo preferible la prevención, de manera que para el correcto tratamiento de sus residuos de origen agropecuario requieren estudios específicos para su tratamiento.

## 1.3 CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

### i. PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN

Aunque son muchos los parámetros que caracterizan un agua residual, pueden ser sólo unos pocos los que caracterizan un agua, cuando se conoce su origen o destino. En este proyecto se prestará atención a los parámetros que caracterizan las aguas residuales urbanas. El grado de contaminación de las aguas residuales se determina en el laboratorio mediante el análisis de unos parámetros que son estimadores de la alteración de la calidad del agua cuando es sometida a diferentes procesos. Los parámetros que normalmente se miden son:

- **Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)**

Se define como la cantidad de oxígeno disuelto consumida por un agua residual durante los procesos biológicos que sufre la materia orgánica presente en el agua residual en determinadas condiciones y en un tiempo dado. El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado es la DBO<sub>5</sub>, que indica el oxígeno consumido por los microorganismos en 5 días, en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.

- **Demanda Química de oxígeno (DQO)**

Hace referencia a la cantidad de oxígeno disuelto consumida por un agua residual durante el proceso de oxidación química provocado por un agente químico fuertemente oxidante. El dicromato potásico proporciona excelentes resultados en este sentido.

- **Sólidos en Suspensión (Orgánicos e Inorgánicos)**

Se entiende por sólidos totales (ST) el contenido total de materia sólida, tanto orgánica como inorgánica, contenida en el agua. Los sólidos totales pueden clasificarse en:

- **Sólidos Disueltos (SD)**, los cuales no sedimentan y se encuentran en el agua en estado iónico o molecular.

- **Sólidos en Suspensión (SS)**, que pueden ser:

- **Sedimentables**, debido a su peso pueden sedimentar fácilmente. Constituyen una medida de la cantidad de fango que se depositará en las depuradoras durante el proceso de decantación.

- **No sedimentables**, los cuales no sedimentan fácilmente debido a su reducido peso o por su estado coloidal.

#### • **Los sólidos orgánicos**

Los sólidos orgánicos (proteínas, hidratos de carbono, grasas, etc., ) proceden de la actividad humana, siendo su origen animal y/o vegetal. Entre sus componentes se encuentran carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo y potasio. Se caracterizan por ser degradables y descomponerse mediante reacciones químicas o acciones enzimáticas de los microorganismos.

#### • **Los sólidos inorgánicos**

Los sólidos inorgánicos por su parte, son sustancias inertes y no degradables, tales como minerales, arenas, tierras, etc.

#### • **Microorganismos**

Entre los microorganismos presentes en el agua, pueden citarse: virus, bacterias, protozoos, algas, hongos, etc. En función de la posibilidad que tienen los microorganismos para captar oxígeno, como elemento básico energético de su vida, podemos clasificarlos en:

- **Aerobios:** Se caracterizan por captar de forma directa el oxígeno disuelto en el agua. Constituyen del 60-65% de los microorganismos presentes en las aguas residuales.
- **Anaerobios:** Se caracterizan por obtener el oxígeno por descomposición de la materia orgánica. Representan del 10-25% de los microorganismos existentes en un agua residual.
- **Facultativos:** Estos organismos pueden adaptarse a las condiciones aerobias o anaerobias, dependiendo de la existencia o no de oxígeno disuelto en las aguas. Constituyen el 10-30%. Si bien existen microorganismos patógenos que pueden perjudicar la salud del hombre, existen otros que colaboran con la naturaleza ayudando a un continuo reciclado, reutilización de la materia y completando los ciclos del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre.
- **Organismos Macroscópicos:** Son visibles, como gusanos, insectos, etc., también intervienen en la descomposición biológica de la materia orgánica.

#### • Temperatura

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción. La temperatura condiciona pues los procesos de depuración biológica y de nitrificación; es pues importante controlarla. Un cambio brusco de temperatura puede provocar un aumento en la mortalidad de la vida acuática. Por otro lado, temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a la proliferación de plantas acuáticas y hongos.

#### • Oxígeno Disuelto

Debido a la gran importancia del oxígeno para el desarrollo de los seres vivos, se le considera un parámetro fundamental para la

definición y control de las aguas residuales. El incremento de oxígeno en el agua puede ser debido a:

- Captación del oxígeno a través de la superficie de interfase agua - aire.
- Acción fotosintética, debida principalmente a las algas verdes.
- Descenso de temperatura.
- Procesos de dilución.

A su vez, la cantidad de oxígeno en el agua puede disminuir debido a:

- Respiración de los microorganismos, algas y organismos macroscópicos.
- Aumento de la temperatura.
- Reacciones químicas.
- Acción enzimática de los microorganismos.

Dado que evita la formación de olores desagradables en las aguas residuales, es deseable y conveniente disponer de cantidades suficientes de oxígeno disuelto.

#### • pH

Las aguas urbanas constituyen un medio adecuado para la supervivencia de microorganismos pues tienen un pH próximo a 7. Si se producen incrementos o descensos en el valor del pH de las aguas, es un indicio de la aparición de vertidos industriales. Este parámetro sirve pues como indicador de vertidos industriales. Por otro lado, es necesario controlar el pH, manteniéndolo en niveles entre 6.2 y 8.5, para que no se produzcan problemas de inhibición en los procesos biológicos.

- **Nitrógeno**

Es un elemento esencial para el crecimiento de los vegetales (algas y plantas superiores), razón por la cual se dice que es un nutriente. Puesto que es un elemento básico para la síntesis de proteínas, será preciso conocer datos sobre la presencia y cantidades del mismo en las aguas, para valorar la posibilidad de tratamiento de las aguas residuales mediante procesos biológicos.

Cuando el contenido de nitrógeno sea insuficiente, será preciso añadirlo para hacer tratable el agua residual. La presencia de nitrógeno puede ser en forma de nitrógeno orgánico, amoniacal, nitritos y nitratos.

- **Arenas**

Entendemos como tales una serie de partícula de tamaño apreciable y que en su mayoría son de naturaleza mineral, aunque pueden llevar adherida materia orgánica. Las arenas enturbian las masas de agua cuando están en movimiento, o bien forman depósitos de lodos si encuentran condiciones adecuadas para sedimentar.

- **Fósforo**

El fósforo es un elemento vital para el desarrollo de los microorganismos presentes en el agua y para el proceso de depuración biológica ya que actúa como nutriente. La presencia del fósforo en el agua, bien en forma disuelta (fosfatos o polifosfatos) o en suspensión, tiene su origen en los vertidos urbanos (detergentes, fosas sépticas, etc.), y en los vertidos de la industria agroalimentaria (abonos, piensos, etc.).

- **Cloruros**

El ión cloruro está presente siempre en las aguas urbanas. La presencia de este parámetro en los colectores o en la depuradora indica la introducción de agua de mar dentro de la red de saneamiento, en el caso de zonas costeras. El incremento de



salinidad de las aguas puede inhibir la acción de los microorganismos en las depuradoras. La presencia de cloruros en aguas naturales se debe además a la disolución de suelos y rocas que lo contengan y que están en contacto con el agua. Otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales en las aguas superficiales. Las heces humanas, por ejemplo, suponen unos 6 g. de cloruros por persona y día.

- **Grasas**

El término grasa engloba las grasas animales, los aceites, tanto de origen animal, vegetal como mineral, y las ceras presentes en las aguas residuales. Cuando se presentan en estado líquido a temperaturas normales se denominan aceites, mientras que los que se presentan en estado sólido reciben el nombre de grasas. La presencia de grasas y aceites en el agua residual puede provocar problemas tanto en la red de alcantarillado como en las plantas de tratamiento. Si no se elimina el contenido en grasa antes del vertido del agua residual, puede interferir con la vida biológica en aguas superficiales y crear películas y acumulaciones de materia flotante desagradables.

### 1.3.2 EFECTOS Y CONSECUENCIAS

Por lo general se puede decir que un curso de agua está contaminado cuando su composición o estado es alterado de modo que se disminuye la facilidad de utilización para algunos de los fines en los que podría servir en estado natural. Cuando un vertido de agua residual sin tratar llega a un cauce produce varios efectos sobre él:

- Tapiza la vegetación de las riberas con residuos sólidos gruesos que lleva el agua residual (plásticos, utensilios, restos de alimentos, etc.).
- Acumulación de sólidos en suspensión sedimentables en fondo y orillas del cauce, tales como arenas y materia orgánica.

- Consumo del oxígeno disuelto que tiene el cauce por descomposición de la materia orgánica y compuestos amoniacales del agua residual.
- Formación de malos olores por agotamiento del oxígeno disuelto del cauce que no es capaz de recuperarse.
- Entrada en el cauce de grandes cantidades de microorganismos entre los que pueden haber elevado número de patógenos.
- Contaminación por compuestos químicos tóxicos o inhibidores de otros seres vivos.
- Crecimiento masivo de algas (eutrofización) al portar grandes cantidades de fósforo y nitrógeno. Si el grado de eutrofización es alto puede afectar gravemente a la potabilidad del agua y a la desaparición de algunas especies de peces. Además estas algas al descomponerse provocan un descenso, e incluso el agotamiento, de los niveles de oxígeno.

Las consecuencias derivadas de estos efectos pueden resumirse en la siguiente lista:

- Destrucción de los recursos hidráulicos.
- Supresión o reducción del poder autodepurador de los cauces receptores, con destrucción de su fauna y flora, imposibilitando o dificultando su utilización.
- Peligro potencial para la salud pública.
- Disminución de la calidad de agua para abastecimiento de la población, riego y/o industria.
- Influyendo sobre la economía de la sociedad y sobre su recreo o esparcimiento en la naturaleza.
- La utilización agua con cierto grado de contaminación exige un control riguroso y un tratamiento adecuado.

El río, al igual que la naturaleza en general, lucha contra la contaminación a través de unos procesos de autodepuración (físicos, químicos y biológicos). Sin embargo, hoy en día, la carga de contaminación sobrepasa su capacidad autodepuradora, siendo necesario que el hombre, copiando a la naturaleza, genere procesos de depuración para luchar contra la contaminación, sus efectos y las consecuencias que genera. Estos procesos de depuración son los llevados a cabo en las E.D.A.R. (Estación depuradora de aguas residuales).

#### 1.4 RECORRIDO HASTA LAS PLANTAS DEPURADORAS

Una vez generadas, las aguas residuales recorren un largo camino antes de ser devueltas a la naturaleza. Todas las aguas residuales urbanas son recogidas por la red de alcantarillado y sucesivamente por los colectores, las estaciones de bombeo hasta llegar a la Estación Depuradora de Aguas Residuales (E.D.A.R.):

##### • Colectores

Son las arterias principales de la red de alcantarillado de todos los municipios. Su función es recoger las aguas residuales del alcantarillado y llevarlas a las estaciones de bombeo o a los emisarios. También existen colectores que unen varias estaciones de bombeo entre ellas y las depuradoras.

Suelen ser conducciones subterráneas de longitud y sección muy variable.

Durante su recorrido, se dejan salidas hacia el exterior en forma de tapas de registro con la finalidad de poder efectuar el mantenimiento necesario.

Existen dos tipos de colectores:

- **Colector concentrador:** Se encarga de recoger o concentrar todas las aguas residuales generadas dentro de un sistema.
  
- **Colector interceptor:** Es aquel que intercepta y recoge las aguas residuales para llevarlas hasta un colector concentrador.

##### • Emisarios y estaciones de bombeo

Los emisarios y las estaciones de bombeo son instalaciones donde se reciben las aguas residuales que son recogidas por la red de alcantarillado. Normalmente,

estas instalaciones se encuentran situadas en las cotas bajas de los municipios para poder recoger sin ningún tipo de gasto energético y por acción de la gravedad las aguas residuales.

Los emisarios captan las aguas residuales en una cámara de recepción bastante pequeña y usando bombas las impulsan hacia un tubo submarino que suele estar entre 300 y 500 metros mar adentro. Estas aguas solo son tratadas con una separación de sólidos mediante unas rejillas de desbaste. Actualmente están siendo substituidos por las estaciones de bombeo.

También pueden ser conductos que se encargan de llevar el agua que sale de las depuradoras (después de recibir el tratamiento) hasta mar adentro y liberarla allí en vez de ser vertidas directamente al río.

Las estaciones de bombeo son, básicamente, iguales que los emisarios, solo que en vez de lanzar el agua al mar se encargan de llevarla hacia otras estaciones de bombeo o a las estaciones depuradoras.

## **1.5 CONCEPTO DE E.D.A.R. ASPECTOS BÁSICOS Y CLASIFICACIÓN**

Una E.D.A.R. (Estación depuradora de aguas residuales) puede definirse como un complejo de instalaciones en las que el agua residual proveniente de los núcleos urbanos o grandes industrias, más el agua proveniente de las lluvias (agua de escorrentía) transportada por las alcantarillas, colectores y emisarios, es sometida a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos para la eliminación de la contaminación e impurezas, garantizando la calidad de agua requerida según los usos previstos para ella, pudiendo reutilizarse en actividades y/o en servicios que no requieran calidad de agua potable.

Los objetivos de una depuradora pueden resumirse en:

- Eliminación de residuos, aceites, grasas, flotantes, arenas, etc. y evacuación a punto de destino final adecuado.
- Eliminación de materiales decantables orgánicos o inorgánicos.

- Eliminación de la materia orgánica.
- Eliminación de compuestos amoniacales y que contengan fósforo (en aquellas que viertan a zonas sensibles).
- Transformar los residuos retenidos en fangos estables y que éstos sean correctamente dispuestos.

En función del tipo de agua tratada se distinguen dos tipos de E.D.A.R. principales: las urbanas y las industriales:

- **E.D.A.R. urbanas**, que reciben aguas residuales mayoritariamente de una aglomeración humana y en menor cantidad de pequeñas industrias.
- **E.D.A.R. industriales**, que reciben las aguas residuales de una o varias industrias pesadas.

## **1.6 TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN. CLASIFICACIÓN**

### **1.6.1 SEGÚN MEDIO DE ELIMINACIÓN DE LOS CONTAMINANTES**

Los contaminantes del agua residual se pueden eliminar por medios físicos, químicos y biológicos. Normalmente un sistema de tratamiento (o fase del proceso) es una combinación de los mismos. A efectos de clasificación se considera el efecto predominante:

- **Procesos físicos**

Los métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos (aplicación de fuerzas gravitatorias, centrífugas, retención física, etc.) se conocen como procesos físicos. En este grupo se pueden incluir: desbaste de sólidos, desengrasado, desarenado, sedimentación, flotación, evaporación, desinfección y absorción.

- **Procesos químicos**

Los métodos de tratamiento en los que la eliminación de contaminantes es provocada por la adición de productos químicos o por otras reacciones químicas se conocen con el nombre de procesos químicos. Entre éstos podemos incluir: floculación y coagulación, neutralización, oxidación, reducción, intercambio iónico, absorción y desinfección (cloro, ozono).

- **Procesos biológicos**

Los métodos de tratamiento en los cuales se consigue la eliminación de contaminantes por una actividad biológica son conocidos como procesos biológicos.

El tratamiento biológico se usa esencialmente para eliminar las sustancias orgánicas biodegradables (coloidales o disueltas) presentes en el agua residual. Básicamente, estas sustancias se transforman en gases que pueden escapar a la atmósfera y en tejido celular biológico que puede posteriormente eliminarse por sedimentación. Entre ellos citamos: fangos activos, lechos bacterianos, lechos de turba, lagunaje, biodiscos y sistemas de aplicación al suelo.

### **1.6.2 SEGÚN LA FASE DE DEPURACIÓN**

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales podemos clasificarlos en función de los rendimientos alcanzados en el proceso de depuración o según la fase de depuración en la que se sitúan. Esta clasificación es quizás la más utilizada, aunque como en el caso anterior, no siempre es posible encuadrar un tratamiento dentro de una fase concreta, o la fase de depuración se adopta por extensión para denominar el proceso completo.

- **Pretratamiento y tratamiento primario**

El pretratamiento es común a todos los sistemas de depuración, solo varía en los niveles de automatización que incorpora. No se considera

un tratamiento propiamente dicho, pero su utilidad en cabeza de las instalaciones de depuración, esta demostrada al eliminar elementos presentes en estas aguas, que de entrar en el proceso, podrían comprometer gravemente su funcionamiento (sólidos flotantes, arenas, grasas, aceites, etc.).

Puede incluir: desbaste de sólidos, desarenador, desengrasador, decantación primaria y lagunaje anaerobio.

Su rendimiento conjunto pocas veces excede del 30-40%. Afecta fundamentalmente a los sólidos en suspensión. El proceso predominante es fundamentalmente físico.

#### • Tratamiento secundario

Suele ser de naturaleza biológica, incorporándose, normalmente, a la línea de tratamiento de una planta depuradora, después del tratamiento primario. Pueden citarse los siguientes: fangos activos, lagunaje facultativo, lagunas aireadas, lechos de turba y biodiscos.

Todos ellos constituyen ejemplos de tratamiento secundario del agua residual, aunque, por extensión, dan nombre a sistemas de tratamiento completos.

El rendimiento de eliminación de materia orgánica suele estar entre el 60-90%.

#### • Tratamiento terciario

De naturaleza biológica o físico-química, reúne un conjunto de instalaciones de tratamiento, que normalmente, se sitúan detrás del tratamiento secundario. Se incluyen: procesos de nitrificación-desnitrificación, procesos de eliminación de fósforos, biodiscos y lechos bacterianos, lagunaje de maduración, lagunas de macrofitas, filtros verdes y sistemas de aplicación al suelo en general, filtros y ultrafiltración, ozonización y radiación ultravioleta.

La finalidad es eliminar la carga orgánica residual y aquellas sustancias polucionantes no eliminadas en el secundario (nutrientes, sales, etc...). También se le denomina tratamiento avanzado.

### **1.6.3 SEGÚN EL COSTE DE LA EXPLOTACIÓN Y LA TECNOLOGÍA EMPLEADA**

En esta clasificación no se tienen en cuenta ni el tipo de proceso unitario ni las fases que integran un proceso de depuración, por el contrario, se realiza una ordenación de los diferentes sistemas en dos grupos según las necesidades de explotación y mantenimiento que requieren.

- **Tecnologías de bajo coste, métodos blandos o extensivos**

La base de estos sistemas es la reproducción de los fenómenos de depuración naturales con vistas a una mayor facilidad de manejo y, por lo tanto, a lograr unos menores costes de mantenimiento. Sus características básicas son: facilidad de operación y mantenimiento, no necesitan de personal especializado, requieren grandes tiempos de respuesta, son procesos de gran inercia, tienen grandes requerimientos de superficie, el equipamiento es sencillo, tienen bajos costes energéticos, buena integración en el medio rural, rendimientos en descontaminación buenos-aceptables y son muy adecuados en reutilización agrícola.

Dentro de estos sistemas podemos destacar: Lagunaje, lagunas de macrofitas, aplicación al suelo y filtros verdes, lechos de turba, lechos bacterianos y contactores biológicos rotativos (biodiscos y biocilindros).

- **Métodos convencionales**

Se incluyen aquí los métodos tradicionales de depuración cuya base de funcionamiento son también los procesos naturales de depuración pero bajo una concepción distinta; son sistemas intensivos, tienen bajos requerimientos de espacio pero precisan aporte de energía para el proceso y necesitan de control preciso.



Se caracterizan porque requieren mano de obra especializada, tienen altos costes de explotación, baja integración en el medio rural, obtienen buenos resultados en depuración y se adaptan media-baja a reutilización. En este grupo pueden citarse: procesos físico-químicos y fangos activos incluyendo el tratamiento convencional de fangos.

El agua residual urbana en la mayor parte de España está formada por la reunión de las aguas residuales procedentes del alcantarillado municipal, de las industrias asentadas en el casco urbano y en la mayor parte de los casos de las aguas de lluvia que son recogidas por el alcantarillado. La mezcla de las aguas fecales con las aguas de lluvia suelen producir problemas en una E.D.A.R., sobre todo en caso de tormentas, por lo que las actuaciones urbanas recientes se están separando las redes de aguas fecales de las redes de aguas de lluvia.

No todas las E.D.A.R. son iguales ni cumplen las mismas especificaciones. Habitualmente las autoridades que tienen encomendadas competencias medioambientales definen primero los usos que van a tener los cauces para así establecer las necesidades o situaciones críticas de los vertidos. Debemos distinguir, por lo general, dos grandes líneas maestras para empezar (en España):

- La Directiva de la Unión Europea que establece los plazos para construir depuradoras y los tamaños de población que deben contar con una. Así mismo establece mecanismos y frecuencias de muestreo y análisis de las aguas residuales. El control se basa en los parámetros sólidos en suspensión, D.B.O.5, D.Q.O., fósforo y nitrógeno. Existe la transposición a la legislación española de esta Directiva y un Plan Nacional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales.
- La Comisaría de Aguas correspondiente a la cuenca donde se vierte emite una autorización de vertido en la que se pueden reflejar valores límite de vertido.

Una vez claros los límites de calidad del vertido y las garantías que éste debe cumplir se tiene en cuenta una amplia gama de variables tales como:

- Tamaño de la población servida, industrias presentes, tipo de contaminación.
- Oscilaciones de carga y caudal en el tiempo (día, semana, estacionales, etc.), equivalencia en habitantes.
- Que se va a hacer con los residuos generados: basura y biosólidos (fangos).
- Posible reutilización del efluente (o parte de él).
- Nivel de profesionalización del personal requerido.
- Orografía del terreno.
- Coste del suelo.
- Impacto ambiental.

Por último, en planta depuradora encontramos personal especializado en puestos de trabajo tales como, gerencia, técnicos de laboratorio, técnicos en mantenimiento y operadores.

## **1.7 PROCESOS DE LA DEPURACIÓN SEGÚN EL MEDIO DE ELIMINACIÓN**

Como se dijo anteriormente, la depuración consistirá en la eliminación de la contaminación e impurezas incorporadas en las aguas residuales. Los procesos utilizables para la depuración de las aguas residuales pueden clasificarse, al igual que se dijo para la autodepuración, en:

### **1.7.1 PROCESOS FÍSICOS**

- Desbaste por rejillas, tamices o filtración mecánica.

- Desarenado para eliminar partículas discretas.
- Desengrasado para la eliminación de grasa, petróleos y elementos flotantes.
- Sedimentación o decantación para la eliminación de sólidos sedimentables en suspensión por su mayor densidad en relación a la del agua.
- Flotación para la eliminación de materias en suspensión por su mayor densidad en relación a la del agua.
- Evaporación para concentrar materias en algunas circunstancias.
- Absorción para eliminación de microcontaminantes, como color, fenoles..

### **1.7.2 PROCESOS QUÍMICOS**

- Floculación y coagulación, utilizable para la sedimentación de las partículas en suspensión no sedimentables.
- Neutralización para modificar el pH.
- Reducción, como la utilización del sulfato de hierro para eliminar cromo.
- Oxidación.
- Intercambio iónico, para eliminación de cobre, zinc, plomo...

### **1.7.3 PROCESOS BIOLÓGICOS**

Se busca en ellos una doble acción:

- Metabólica.

- Flocculación de las partículas en suspensión.

Los procesos convencionales son los fangos activos y lechos bacterianos.

### 1.7.3.1 CLASIFICACIÓN DE PROCESOS BIOLÓGICOS

- **Procesos biológicos de una etapa**

El tratamiento biológico presenta un único tipo de proceso.

- *Procesos de cultivo en suspensión bajo condiciones aerobias* (por lo menos en gran parte de el): Los microorganismos se mantienen en suspensión, de forma individual o formando agregados más o menos grandes y homogéneamente repartidos.

- Lagunas de estabilización, lagunas facultativas.

- Lagunas aireadas artificialmente.

- Fangos activados.

- Convencionales.
- Aeración prolongada.
- Avanzados para eliminación biológica de nutrientes.
- Reactores profundos (Deep Shaft).
- Contacto-estabilización.

- Procesos de cultivo fijo o biopelícula fija bajo presencia de condiciones aerobias: Los microorganismos se asientan sobre un material soporte formando una biopelícula que tapiza el soporte.

- De medio no saturado
  - Lechos bacterianos.
  - Tratamiento por riego y aplicación al terreno (tratamiento blando).
  - De medio saturado inundado o sumergido
  - De lecho particulado.
    1. con soporte inerte
      - biofiltros aireados.
      - lecho expandido.
      - lecho fluidizado.
      - fangos activados con partículas soporte.
    2. con soporte activo
      - De lecho estructurado.
      - De medio intermitente sumergido.
      - Contactores biológicos rotativos.

- **Procesos biológicos de dos etapas**

El tratamiento biológico presenta un conjunto de procesos dispuestos en serie, claramente diferenciados formados por la conjunción de dos de los anteriores.

## **1.8 ¿ QUÉ ES UNA ETAP ?**

Las ETAP (Estaciones de Tratamiento de Agua Potable), a diferencia de las EDAR, son estaciones que se encargan de tratar el agua con el fin de hacerla apta para el consumo humano. Las aguas suelen ser captadas del río en un punto superior de donde vierten sus aguas las EDAR, ya que las aguas vertidas por las depuradoras tiene aún una cierta contaminación.

El proceso que sigue una ETAP es similar al de una EDAR. El agua recibe los siguientes tratamientos el siguiente:

## I. Desbaste

Al igual que en las depuradoras, el agua se hace pasar por unas rejas que se encargan de separar los grandes sólidos presentes en el agua.

## II. Clarificación

En este proceso se separa la materia más pequeña contenida por el agua mediante un tratamiento del tipo físico-químico, es decir, añadiendo un producto (generalmente cloruro férrico o óxido de alúmina) que se encargan de coagular la materia disuelta en el agua. Más tarde se le añade un polielectrolito (macromolécula) que se encarga de juntar los coágulos anteriores dando como resultado agrupaciones de mayor tamaño a los que llamamos flóculos. Por último, se procede a decantar los flóculos obtenidos anteriormente.

## III. Filtración

Para acabar definitivamente con cualquier tipo de materia en suspensión o disolución se pasa el agua por un lecho de carbón activo. El agua se filtra por el carbón activo que está dispuesto en capas de diferente granulometría, por lo que conseguimos que hasta la materia más pequeña quede retenida en el carbón.

## IV. Desinfección

Por último se desinfecta el agua para hacerla apta para el consumo humano. Los desinfectantes que se suelen usar en este proceso suelen ser Ozono (con un gran poder bactericida), rayos ultravioleta y cloros y sus derivados.

Después de este tratamiento el agua se envía a las redes de abastecimiento de los núcleos urbanos dando como resultado el agua que nos llega a los grifos de casa.

Como más tarde veremos, los procesos que llevan a cabo las depuradoras y las potabilizadoras son muy parecidos, sin embargo, el objetivo final de cada una de ellas es muy diferente.

La finalidad de las depuradoras es acabar con la materia presente en el agua y limpiándola así de contaminación, por el contrario, las potabilizadoras tienen como objetivo la desinfección del agua, permitiéndonos así consumirla sin

riesgos para la salud. Como se ha explicado, esta desinfección se lleva a cabo mediante la adicción de cloros, ozono y rayos ultravioleta, esta parte del proceso es característica de las potabilizadoras

Este proyecto se centrará en el tratamiento las aguas residuales que se realiza por las depuradoras. La depuradora consta de varias líneas de funcionamiento:

- Línea de aguas: En este proceso es donde se depurar el agua siguiendo una serie de etapas como desbastes, decantaciones...
- Línea de fangos: Al depurar el agua, se generan una serie de residuos a los que llamamos fangos. Estos fangos han de ser tratados para que no dañen el medio ambiente. Se suelen tratar llevándolos a vertederos, incineradoras o estaciones de compostaje, donde es tratada para reutilizarlo como abonos, fuente energética...
- Línea de gas: Cuando tratamos estos fangos, obtenemos unos gases en la digestión de los mismos que pueden ser aprovechados consiguiendo de ellos energía necesaria para los diferentes procesos de la línea de fangos. En muchas depuradoras estos gases no se aprovechan y se queman mediante antorchas.

El proceso de depuración es relativamente fácil y económico, el verdadero problema lo tenemos en los fangos obtenidos, que se han de tratar, reducir y eliminar sin perjudicar al medio ambiente.

## **1.9 FASES DE LA DEPURACIÓN SEGÚN EL TIPO DE TRATAMIENTO**

Dependiendo de si la planta depuradora trata sus aguas con un proceso físico-químico o biológico el proceso variará sustancialmente:

### 1.9.1 FUNCIONAMIENTO DE UNA E.D.A.R. FÍSICO-QUÍMICA

Las plantas depuradoras que funcionan mediante este proceso están siendo sustituidas, actualmente, debido a los grandes gastos que supone el adherir productos al agua y los mejores rendimientos de eliminación que se consigue con los tratamientos biológicos. Además es menos natural y puede producir mayores problemas.

#### Línea de aguas

1. Llegada del agua: El agua llega a la depuradora, mediante un colector concentrador, de las industrias y núcleos urbanos.
2. Pretratamiento: Proceso en el que se eliminan los sólidos grandes, arenas y grasas.
3. Coagulación-floculación: El agua pasa por un medidor de caudal y llega al recinto de coagulación-floculación. Aquí se le añaden productos químicos al agua para que la materia en suspensión más pequeña coagule y forme flóculos de mayor tamaño, gracias a esto se facilita el proceso de decantación posterior.
4. Decantación primaria: El agua sale del recinto de coagulación-floculación y pasa a un recinto de forma rectangular o circular, donde se produce la decantación de los flóculos de materia orgánica y inorgánica que se depositan en el fondo del decantador, vertiendo el agua depurada de nuevo al río.

#### Línea de fangos

5. Espesador de fangos: La materia decantada (fangos) se purga de los decantadores y se bombea hasta los espesores con la intención de concentrarla, mezclarla y homogeneizarla, para poder tratarla posteriormente con más eficacia y a menor coste.



6. Digestión: Los fangos espesados son conducidos a un recinto para proceder a su estabilidad, es decir, eliminar su parte fermentable. Este es un proceso que se puede realizar aprovechando la actividad biológica de los propios microorganismos presentes en los fangos o mediante la adicción de compuestos químicos. Este proceso puede ser de tipo aeróbico o anaerobio.
7. Deshidratación de fangos: Mediante este proceso se pretende reducir el contenido de agua en los fangos para disminuir su volumen haciéndolos más fáciles de manipular.

### **1.9.2 FUNCIONAMIENTO DE UNA E.D.A.R. BIOLÓGICA**

#### **Línea de aguas**

1. Llegada del agua: Igual que en el proceso físico-químico, el agua llega a la depuradora por medio de un colector concentrador.
2. Pretratamiento: Se eliminan los sólidos grandes, arenas y grasas.
3. Decantación primaria: El agua pasa por un medidor de caudal y luego a un recinto de forma rectangular o circular donde se decantan los materiales. Este proceso es opcional, dependiendo del grado de contaminación que trae el agua a las depuradoras biológicas.
4. Reactor biológico: El agua llega del pretratamiento o la decantación primaria a un recinto donde la materia orgánica que contienen las aguas residuales es digerida, por microorganismos contenidos en el agua, de una manera natural. Para que el número de microorganismos crezca y puedan llevar a cabo su actividad metabólica, se incorpora aire u oxígeno puro.
5. Decantación secundaria: Recinto de forma rectangular o circular donde se produce la separación del agua depurada y los fangos biológicos.

## Línea de fangos

6. Recirculación de fangos: Es el caudal de fangos decantados que hace falta retornarlo al reactor biológico para asegurar la actividad biodegradante de los microorganismos.
7. Espesador de fangos: Igual que en la E.D.A.R. físico-química.
8. Digestión: La digestión se puede incluir o no en un tratamiento biológico en función del tipo y grado de estabilización de fangos conseguidos en los procesos anteriores. Si se realiza es igual que la de una E.D.A.R. físico-química.
9. Deshidratación de fangos: Igual que en una planta físico-química.

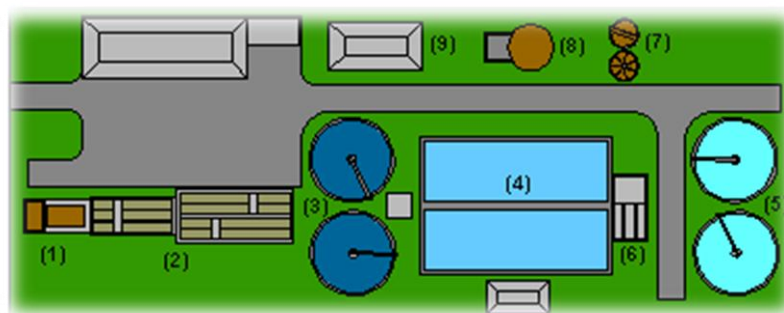


Figura 1.1.- Esquema de una E.D.A.R biológica

### 1.9.3 LÍNEA DE GAS DE UNA DEPURADORA

La línea de gas se encarga de aprovechar los gases obtenidos en la digestión anaerobia de los fangos para equipos instalados en la misma planta o incluso (si se dispone de motores) generar electricidad.

Debido al poder calorífico del gas de digestión que oscila sobre las 5.500 kcal / m<sup>3</sup>, es interesante emplearlo para diversos fines. El gas se recoge del digestor y por medio de unas tuberías se lleva hasta un gasómetro donde es almacenado. Más tarde es utilizado para alimentar las calderas de agua

caliente que, mediante intercambiadores de calor agua-fango, comunicarán a éste la temperatura óptima para mantener el proceso de digestión.

En plantas depuradoras de gran tamaño, el gas producido en la digestión excede las necesidades para el calentamiento del fango, por lo que es posible emplearlo para otras finalidades. Una de estas posibilidades, la más usual hoy en día, es utilizarlo como combustible de alimentación a motores que hacen funcionar un generador de energía eléctrica para el aprovechamiento de la misma en la planta.

El gas biológico contiene, fundamentalmente, metano, anhídrido carbónico y otros productos en baja proporción. Está generalmente saturado en agua. Su naturaleza varía en función de la calidad del efluente y del control de la fermentación. La composición media en volumen del gas biológico aproximadamente es:

Metano.....	65%
CO <sub>2</sub> .....	32%
N <sub>2</sub> .....	1-2%
H <sub>2</sub> S.....	0,03%
Otros.....	0,07%

El metano tiene un poder calorífico de 8.560 Kcal / m<sup>3</sup> y es el que consigue que el poder calorífico del gas suba a valores de 5.500 Kcal /m<sup>3</sup> cuando se encuentra en una proporción de 65%.

El gas que realmente interesa es el metano que es el que hace aumentar el poder calorífico del biogás, los restantes gases son trazas indeseables que empeoran su calidad.

El gas carbónico y el vapor de agua por el volumen que ellos ocupan en el cilindro perjudican el funcionamiento del motor, reduciendo la potencia en los motores de aspiración natural. En los motores sobrealimentados, el gas carbónico actúa como retardador de la detonación, efecto favorable, y como relentizador de la combustión efecto desfavorable.

El anhídrido sulfídrico,  $H_2S$  provoca corrosión sobre los sistemas de alimentación y las partes calientes de la máquina. Por este motivo, se debe limitar su contenido en el gas a un porcentaje lo más bajo posible. Para reducir el contenido de este gas se utilizan filtros de limonita o también se procede a realizar un lavado del gas con agua a contracorriente.

### **1.10 REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

Llamamos recuperación de las aguas residuales al tratamiento o proceso que sufren las aguas residuales para poder ser reutilizadas, y reutilización directa del agua al aprovechamiento de las aguas residuales tratadas con fines beneficiosos. Además, la reutilización directa de las aguas residuales requiere la existencia de tuberías u otros medios de conducción para la distribución del agua recuperada.

La reutilización indirecta, a través del vertido de afluentes residuales en un agua receptora, para su asimilación y retirada aguas abajo, se considera como importante pero no constituye un sistema de reutilización directa y planificada de las aguas.

Al contrario de lo que ocurre con la reutilización directa del agua, el reciclado del agua normalmente supone un sólo uso y sus efluentes se recogen y son devueltos para el mismo plan de utilización.

Entre los diversos destinos que pueden darse a las aguas reutilizadas, mediante actuaciones debidamente planificadas, destacan las aplicaciones a riego agrícola o de jardines, el abastecimiento para servicios higiénicos mediante sistemas dobles de distribución, el uso con fines estéticos o medioambientales y el uso para fines industriales.

La reutilización del agua es un elemento del desarrollo y la gestión de los recursos hídricos que proporciona opciones innovadoras y alternativas para la agricultura, el abastecimiento municipal y la industria.

Los esfuerzos que se han dedicado en muchos países para controlar la contaminación del agua han conseguido poner a nuestra disposición aguas residuales tratadas que pueden suponer un mayor ahorro para el suministro actual existente si se compara

con el desarrollo de nuevos recursos hídricos cada vez más caros y ecológicamente destructivos.

La reutilización de aguas residuales exige la adopción de medidas de protección de la salud pública. En todo proceso de recuperación y reutilización de aguas residuales, existe algún riesgo de exposición humana a los agentes infecciosos. El tratamiento de las aguas residuales para fines de reutilización tiene como enfoque principal la reducción considerable de los microorganismos patógenos, sean de origen bacteriano, viral, de protozoos o helmintos, además de la eliminación de malos olores u otras sustancias que pudiesen tener un efecto negativo en la práctica de la reutilización cómo los sólidos en suspensión que obstruyen los aspersores o las boquillas para el riego por goteo.

Para proteger la salud pública, se han realizado considerables esfuerzos en orden a establecer unas condiciones y normas que permitan el uso seguro de las aguas residuales recuperadas. Aunque no exista ninguna serie estándar uniforme, se ha podido disponer de normas internacionales, nacionales y estatales sobre las aguas residuales (O.M.S., 1989; U.S. EPA, 1992; California, 1978). Estas normas atienden a criterios de tipo sanitario y no tienen en cuenta la tecnología del tratamiento, la forma de aplicación del agua ni el efecto potencial del agua recuperada sobre las cosechas o el suelo.

## **1.11 POSIBLES TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL**

### **1.11.1 NÚMERO DE LÍNEA DE AGUAS**

La elección del número de líneas depende del tamaño de la E.D.A.R. y de las oscilaciones de caudal, es decir que se trate de una población de tipo estacional (sobre todo en poblaciones costeras, o de marcado carácter turístico) o de población estable (poblaciones que mantienen su población constante durante todo el año, sin importantes incrementos).

TIPO DE POBLACIÓN	Nº DE HABITANTES EQUIVALENTES			
	≤10.000	10.000-20.000	20.000-50.000	50.000-200.000
ESTABLE	1 Línea	1 Línea	2 Líneas	≥2 Líneas
ESTACIONAL	1 Línea	2 Líneas	2 Líneas	≥3 Líneas

Figura 1.2 - Número de líneas de agua

En poblaciones de más de 50.000 habitantes equivalentes, como ocurre en este caso, se aconseja la utilización de tratamientos biológicos con decantación primaria, e instalarse 2 ó más líneas de agua. Se instalará por tanto: N° LÍNEAS DE AGUA = 2(+1 Reserva)

En la tabla siguiente se establece la relación entre las partículas típicas eliminadas más importantes de las aguas residuales y los procesos unitarios que se pueden emplear para eliminarlas. La combinación de los mismos permitirá la elección del tratamiento adecuado en función del contaminante a eliminar y en qué cuantía, para obtener el mayor rendimiento posible de la planta.

PROCESO UNITARIO	PARTÍCULA TÍPICA ELIMINADA
<b>PRETRATAMIENTO</b>	
Rejas gruesas	Cuerpos flotantes
Rejas finas tamices	Partículas discretas
Desarenado	Sólidos sedimentables inorgánicos
Desengrasado	Grasas y aceites
<b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b>	Sólidos sedimentables orgánicos
<b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b>	Sólidos en suspensión (SS)
<b>TRATAMIENTO Terciario</b>	
Aireación	Gases disueltos
Absorción por carbón	Materia orgánica disuelta
Filtración Cambio iónico Separación por membrana	Material mineral disuelta (iones)
Desinfección	Microorganismos ( bacterias y virus)

Figura 1.3 - Partículas típicas eliminadas

Independientemente de las combinaciones que en cada caso particular se puedan hacer, la línea con frecuencia conveniente para aguas residuales urbanas es la indicada en la tabla que se muestra a continuación:

FASE DE LA DEPURACIÓN	PRINCIPALES PROCESOS
PRETRATAMIENTO	Predesbaste. Pozo de gruesos (o) Desbaste Desarenado Desengrasado (o) Pre-aireación (o) Homogeneización y regulación de caudales (o)
TRATAMIENTO PRIMARIO	Decantación primaria (e) Tratamiento Físico-Químico y Decantación(e)
TRATAMIENTO SECUNDARIO	Lechos bacterianos (e) Fangos activos (e) Floculación decantación (e)
TRATAMIENTO TERCIARIO	Filtración (o) Coagulación y floculación (o) Air stripping (o) Nitrificación-desnitrificación (o) Absorción por carbón (o) Cambio iónico (o) (e) Ósmosis inversa. Separación por membrana (o) (e) Desinfección (o)

Figura 1.4 - Principales procesos de las fases de depuración

### 1.11.2 NÚMERO DE LÍNEAS DE FANGO

Aunque la determinación del número de líneas para el tratamiento de fangos deberá realizarse en función de las condiciones particulares para cada caso concreto, podría indicarse en general que para poblaciones inferiores a 100.000 h.e. se proyectará una línea, entre este valor y sin superar los 200.000 h.e. se suelen instalar dos líneas, no teniendo demasiado peso una predicción para poblaciones superiores. La línea de tratamiento de fango

con frecuencia conveniente, es la siguiente. (En el caso de que se adopte la incineración, no será necesaria su estabilización previa.). Por tanto para este proyecto se seleccionará una sola línea de fango( +1 reserva).

### 1.12 ESQUEMA SECUENCIAL DE UNA DEPURACIÓN CONVENCIONAL

El siguiente esquema del proceso recoge los tratamientos más importantes que se describirán con amplitud posteriormente.

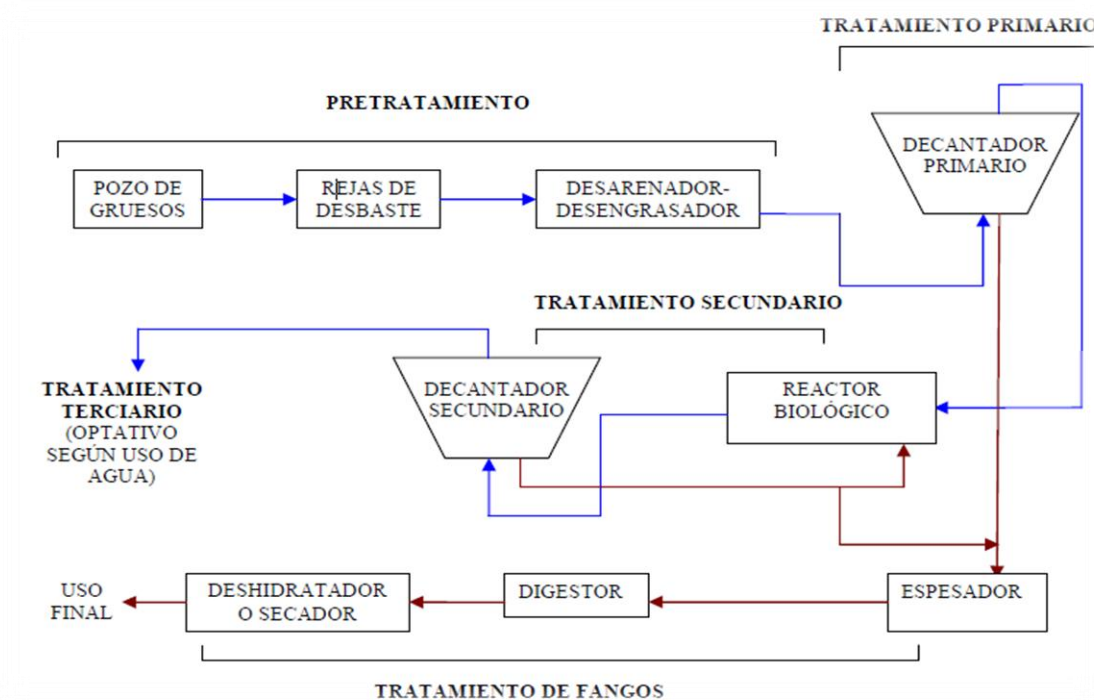


Figura 1.5 - Esquema secuencial de una depuradora convencional



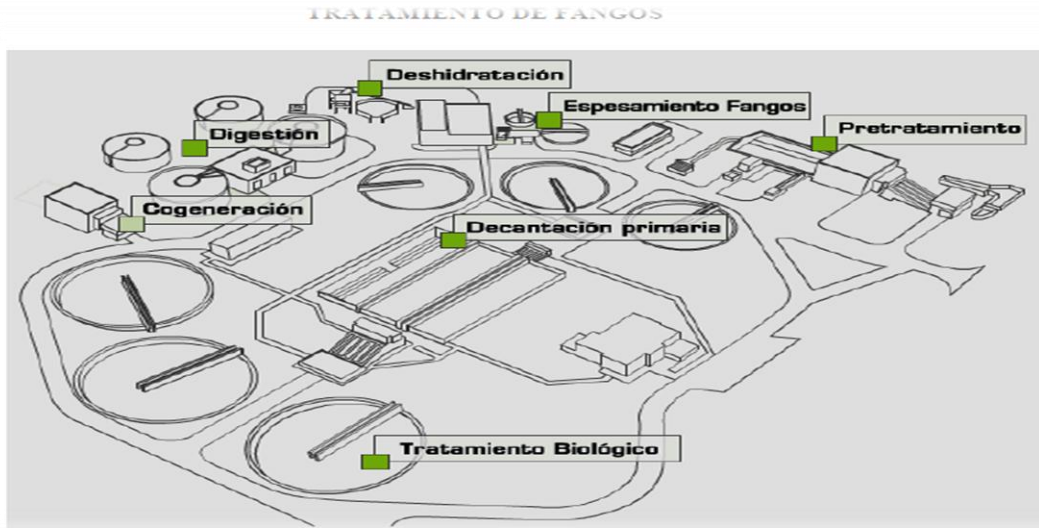


Figura 1.6 - Esquema secuencial de una depuradora convencional

### Línea de agua

El agua llega a la estación depuradora a través de un sistema de colectores.

1. El tratamiento se inicia en el pozo de gruesos donde se extraen, por medios mecánicos, los elementos de más peso y tamaño.
2. Unas rejillas de cribado retienen la suciedad sólida más gruesa: se trata del cribado de gruesos.

3. El agua es impulsada a una cota que le permitirá circular por los diferentes elementos de la planta.
4. El pretratamiento continúa con las rejillas de finos donde se separan las partículas pequeñas.

Este proceso se acaba con el desarenador-desengrasador donde, a través de procesos mecánicos, se hacen hundir las arenas y flotar las grasas.

5. Se separan por medios físicos los detritos (que constituyen la materia en suspensión) en los decantadores primarios, en cuyos fondos se pretende que se depositen los fangos primarios.

En casos de fuertes contaminaciones industriales, se añaden coagulantes químicos y se produce la floculación lo que favorece la decantabilidad de la materia en suspensión.

6. Se elimina la carga contaminante restante por medios biológicos ya que determinadas bacterias se alimentan de la materia orgánica, tanto la que está disuelta como la que está en suspensión. Por esto necesitamos un depósito llamado reactor biológico y una aportación de oxígeno.
7. Desde el edificio de soplantes se aporta el aire al reactor biológico que las bacterias necesitan para poder asimilar la materia orgánica.
8. Por su peso, los biosólidos formados en el reactor se depositan en el fondo de los decantadores secundarios y así se separan del agua (fangos secundarios). El agua ya está lista para su nuevo uso o un tratamiento terciario.

Es importante que parte del fango secundario sea recirculado al reactor biológico. Con esta recirculación se consigue concentrar los microorganismos hasta valores muy altos. Para mantener controlado el proceso hay que sacar continuamente fango. Las purgas de fangos en exceso se pueden realizar desde el reactor biológico o desde la recirculación, esta última estará más concentrada.

## Línea de fangos

Los fangos pueden venir del tratamiento primario y del tratamiento secundario.

9. Los fangos decantados en el tratamiento primario se incorporan a la línea de fangos a través del bombeo de fangos primarios.
10. El bombeo de fangos secundarios esta en la cabecera de la línea de fangos.
11. El fango procedente de los decantadores aún es prácticamente líquido. El primer paso de su proceso es un espesamiento, que por un lado se traduce en un nuevo decantador: el espesador de fangos primarios por gravedad.

Una parte de los fangos procedentes de los decantadores secundarios, retorna a la línea de agua a la cabecera del proceso biológico. Así se consigue mantener la concentración de bacterias.

12. El resto de los fangos provenientes del tratamiento biológico van a un espesador de fangos secundarios por flotación. Aquí se aumenta la concentración del fango.
13. Una vez el fango esta espeso, pasa a un digestor anaerobio donde se reduce la materia orgánica presente.
14. La digestión anaerobia vienen acompañada por una liberación de gas metano que, en el caso de plantas grandes puede aprovecharse como fuente de energía. Este gas se acumula en el gasómetro.
15. Si hay exceso de gas, al no poder liberarlo a la atmosfera, dispondremos de una antorcha que nos permitirá quemarlo.
16. El fango digerido pasa al depósito de almacenamiento de fangos, donde se acumula para alimentar el proceso de deshidratación.
17. En el edificio de deshidratación de fangos, se elimina la máxima parte de agua posible, para hacer el fango menos voluminoso y más económico de

transportar. Hay diversos procedimientos: los principales son a través de filtros banda, filtros prensa o centrifugas.

18. Una vez deshidratados, pasan a un silo de almacenamiento de fangos desde donde son enviados a su destino definitivo: agricultura, jardinería, construcción, etc.

### **1.13 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Los pasos involucrados en el proceso de análisis y diseño de plantas de tratamiento bien sean grandes o pequeñas son:

1. Estudios de caracterización y conducción del caudal de las aguas residuales a tratar Elección preliminar de procesos.
2. Realización de estudios a nivel laboratorio y planta piloto.
3. Elaboración de alternativas de diagramas de flujo de tratamiento.
4. Definición de los criterios de diseño.
5. Distribución física de los elementos de la planta de tratamiento.
6. Preparación de perfiles hidráulicos.
7. Elaboración del balance de sólidos.
8. Realización de planos de construcción, especificaciones y documentos para licitación.
9. Estimación de costos de ingeniería.

# ***BASES DE DISEÑO***



## 2.1 POBLACIÓN EQUIVALENTE

AÑO	POBLACIÓN TOTAL(hab)	INCREMENTO ANUAL (%)
1.970	13.922	
1.981	13.608	-0,205
1.991	12.930	-0,498
2.001	14.611	1,3
2.010	17.076	1,874

Figura 2.1.- Población total

El incremento anual es el resultado de restar a los resultados de una década, los de la anterior, dividir entre la década base que es la década anterior, multiplicar por cien para hacer el porcentaje, y dividir por el número de años que dura el periodo, para hacer el incremento anual.

Incremento medio: 0,61775

$$P_{futura} = P_{actual} \times \left( 1 + n^{\circ}años \times \frac{0,6177}{100} \right)$$

Se prevé una población para el 2.030 de 19.186 habitantes. Por tanto la población de diseño debería ser de 20.000 habitantes.

En la determinación de la población de diseño se utiliza el concepto de habitante equivalente, que es una forma de expresar la concentración de la materia orgánica en las aguas residuales. En casos de vertidos industriales, debe comprender una cifra que represente el poder contaminante de las industrias. Deberá también considerarse si la población es estable o sufre significativas variaciones estacionales (turismo, industrias/comercios), en cuyo caso, se considerarán la duración de las temporadas y los datos de las dos poblaciones (estable y estacional).

Según los datos reales de la E.D.A.R. de Mula, actualmente en funcionamiento, la población equivalente servida es de unos 56.000 habitantes equivalentes.

Esto se debe a que el municipio cuenta con numerosas industrias de pequeño tamaño y muy dispersas a lo largo de su geografía, razón por la cual vierten sus aguas residuales al alcantarillado directamente. No es el caso de las industrias de mayor

tamaño, agrupadas en polígonos industriales y con instalaciones propias para la depuración de sus aguas residuales.

Así pues, se tomará como población de diseño los 56.000 habitantes equivalentes mencionados anteriormente.

## 2.2 DOTACIÓN DEL CAUDAL

La dotación es un dato conocido por los servicios municipales o empresas de suministro de agua local. A título orientativo, la dotación de agua en función de la población en España, tiene unos valores indicados en la Figura 2.2.

POBLACION (hab.eq.)	DOTACIÓN (l/hab.eq. día)
2.000	150 - 200
2.000 - 50.000	200 - 250
50.000 - 500.000	250 - 300
> 500.000	300 - 350

Figura 2.2.- Dotación de caudal

Al tratarse, en este caso, de una población de 56.000 habitantes equivalentes (en el año 2.030), el caudal que se debería tomar es de 250 l/hab.eq. día.

## 2.3 CAUDALES DE DISEÑO

Uno de los parámetros fundamentales para el diseño y cálculo de plantas de tratamiento de aguas residuales es el caudal de agua a tratar, entendiendo por caudal el volumen de agua que llega a la depuradora por unidad de tiempo, siendo igualmente muy importante conocer cómo es su variación a lo largo del día, sus valores máximos y mínimos, o los valores punta que en un momento determinado puedan producirse.



De lo indicado en el párrafo anterior se desprende que existen diferentes valores de caudal que se deben tener muy en cuenta a la hora de realizar un diseño.

A partir de los datos de población y de la dotación de agua por unidad de población y tiempo, se calculan los caudales de llegada a la E.D.A.R. Estos caudales pueden ser de diferentes tipos:

- **Caudal medio ( $Q_{med.}$ )**

Es el caudal diario total, calculado como resultado de aplicar a la población de diseño la dotación indicada anteriormente repartido uniformemente en las 24 horas del día.

$$Q(m^3/d) = \frac{Población(h.eq.) \times Dotación(l/h.e.)}{1.000(l/m^3)}$$

Se obtiene, en este caso:

$$Q_{med.} = (56.000 \times 250) / 1.000 = 14.000 m^3/d = 584 m^3/h$$

$$Q_{med.diario} = 584 (m^3/h) \times 24 h = 14.016 m^3$$

- **Caudal máximo ( $Q_{máx.}$ )**

Contempla el incremento de caudal sobre el caudal medio, que se recibe de manera puntual en la planta a determinadas horas del día.

$$Q_{máx} = Q_{med} \times (1,5-2,5)$$

Si no se disponen de datos suficientes de caudales se pueden emplear los siguientes criterios:

- Para comunidades pequeñas: 4 veces el caudal medio diario.

- Para comunidades grandes: 1,5 veces el caudal medio diario.

Puede calcularse mediante una fórmula empírica que, a título orientativo, proporciona datos bastante fiables:

$$Q_{\max} = Q_{\text{med}} \times \left( 1,15 + \frac{2,575}{(Q_{\text{med}})^{1/4}} \right)$$

Se obtiene:

$$Q_{\max} = 584 \times (1,15 + 2,575 / (584)^{0,25}) = 978 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se comprueba que la relación  $Q_{\max}/Q_{\text{med}}$  es de 1'67, estando ese valor comprendido entre los valores típicos [1'5 a 2].

- **Caudal mínimo ( $Q_{\min}$ )**

Importante para el funcionamiento de las estaciones de bombeo y E.D.A.R. durante los primeros años dado que se suele trabajar con caudales inferiores a los proyectados y se pueden producir retenciones.

Si no se disponen de datos suficientes de caudales se pueden emplear los siguientes criterios:

- Para comunidades pequeñas: 50% del caudal medio diario.
- Para comunidades grandes: 30% del caudal medio diario.

En este caso se empleará el 40% de caudal medio diario:

$$Q_{\min} = 234 \text{ m}^3/\text{h}$$

## 2.4 DATOS DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA RESIDUAL BRUTA

Se expresan en mg/l (ppm) y deben considerarse como mínimo los siguientes parámetros:

- DBO<sub>5</sub>.
- SS.
- Fósforo.
- Nitrógeno.
- pH.

Es importante contar con el valor más fiable posible de estos parámetros llevando a cabo una caracterización de las aguas residuales a depurar antes de la realización del proyecto, no obstante, en ausencia de datos, podrían emplearse los que se adjuntan en la Figura 2.3.

FACTORES DE APORTACIÓN PER CÁPITA A LA CONTAMINACIÓN		
FACTOR	VALOR (g/hab.eq. día)	
	INTERVALO	VALOR TÍPICO
DBO <sub>5</sub>	55-100	75
SS	65-110	90
pH		7,5
NUTRIENTES:		
nitrógeno amoniacal	2-4	3,5
nitrógeno orgánico	6,5-13,5	10
nitrógeno total Kendahl	10-15	13,5
fósforo orgánico	1-2	1,5
fósforo inorgánico	2-3,5	3
fósforo total	3,5-5,5	4

Figura 2.3.- Contaminación per cápita

En caso de que no se disponga de los valores máximos de estos parámetros se puede utilizar el valor medio multiplicado por 1,5.

A partir de estos datos se pueden obtener las concentraciones y cargas de entrada para el dimensionado de E.D.A.R.:

$$\text{Concentración (mg/l)} = \frac{\text{Contaminación específica (g/hab - eq.d)} \times 1000}{\text{Dotación (l/hab - eq.d)}}$$

$$\text{Carga} = \frac{\text{Contaminación específica (g/hab - eq.d)} \times \text{Población (hab - eq)}}{1000}$$

Tomando los valores típicos de la tabla anterior y tras aplicar esta fórmula, se obtienen los valores de los diferentes parámetros expresados a continuación:

- Concentración  $\text{DBO}_5 = 75 \times 1.000 / 250 = 300 \text{ ppm}$
- Concentración  $\text{SS} = 90 \times 1.000 / 250 = 360 \text{ ppm}$
- Concentración  $\text{NTK} = 14 \times 1.000 / 250 = 560 \text{ ppm}$
- Concentración  $\text{DQO} = 165 \times 1.000 / 250 = 660 \text{ ppm}$
- Concentración  $\text{P}_{\text{total}} = 4 \times 1.000 / 250 = 16 \text{ ppm}$
- Carga  $\text{DBO}_5 = 75 \times 56.000 / 1.000 = 4.200 \text{ kg/d}$
- Carga  $\text{SS} = 90 \times 56.000 / 1.000 = 5040 \text{ ppm}$
- Carga  $\text{NTK} = 14 \times 56.000 / 1.000 = 784 \text{ ppm}$
- Carga  $\text{DQO} = 165 \times 56.000 / 1.000 = 9.240 \text{ ppm}$
- Carga  $\text{P}_{\text{total}} = 4 \times 56.000 / 1.000 = 224 \text{ ppm}$

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN mg/l (ppm)	CARGA kg/d
DBO <sub>5</sub>	300	4.200
SS	360	5.040
NTK	560	784
DQO	660	9.240
P <sub>total</sub>	16	224

Figura 2.4.- Tabla de concentración y carga de parámetros

## 2.5 RESULTADOS A OBTENER

### • Características del agua residual

Las características de calidad del vertido vienen reguladas en todo momento en la legislación vigente (Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (91/271/CEE) y su transposición a la normativa española en RD 11/1.995 de 28 de Diciembre. RD509/1.996 de 15 de Marzo. RD 2116/1.998 de 2 de Octubre.

De manera ilustrativa, se presentan los valores requeridos en la citada legislación (Figura 2.5.), en caso de que no sea necesario un tratamiento terciario y no se trate de zonas de alta montaña.

PARÁMETRO	VALOR
pH	6-8
SS	35 mg/l
DBO <sub>5</sub>	25 mg/l
DQO	125 mg/l
E.coli	1000/100ml (si hubiera desinfección)

Figura 2.5.- Valores requeridos

En el caso de compuestos de nitrógeno y fósforo, en el caso de verter a zonas sensibles o que lo exija la confederación por el tipo de punto donde se efectúa el vertido:

- $N < 10$  ppm
- $P < 2$  ppm

A partir de estos datos se pueden obtener las concentraciones y cargas de salida para el dimensionado de la E.D.A.R.

#### • Características del fango

La disposición final del fango debe ser también objetivo principal del diseño. Los principales parámetros que se tienen en cuenta son sequedad y estabilidad.

La sequedad, expresada en % de sólidos secos, es función del tipo de fango y de su disposición final y viene impuesta por la facilidad de su manejo. A título orientativo se pueden utilizar los valores indicados en la Figura 2.6.

TIPO DE SECADO	SEQUEDAD (%)
En eras	>30
<b>Por centrífugas</b>	<b>20- 26</b>
Por filtros banda	25 -30
Por filtros presa	38-50

Figura 2.6.- Sequedad de fangos

Adelantamos que el tipo de secado que se ha seleccionado en este proyecto para la línea de tratamiento de fangos (lodos) será por el proceso de centrifugación.

Con el proceso de centrifugación conseguimos separar el agua de los lodos emulsionados, provocando la sedimentación del sólido en las paredes de la centrifuga. Esta sedimentación se produce por la acción de la fuerza

centrípeta donde las partículas experimentan una aceleración que por diferencia de masa les ayuda a sedimentar.

En cuanto a la estabilidad, ésta viene expresada en porcentaje en peso de reducción de sólidos volátiles, y se exige un valor mínimo a la misma del 40%.

Este sistema de deshidratación trabaja en continuo, es fácil de operar y las necesidades de mano de obra son mínimas una vez ajustado el proceso (velocidad diferencial, caudal de alimentación, dosificación de polielectrolito, etc.).

Su coste de primera instalación es próximo a los filtros de bandas e inferior a la filtración a presión.

## **2.6 SOLUCIONES DE TRATAMIENTO**

Para definir la línea de tratamiento para depurar el agua residual de una determinada población se seguirán los siguientes pasos:

- Calcular la base de partida en cuanto a concentración de parámetros contaminantes, carga, caudales y población.
- Fijar los resultados a obtener en función del punto de vertido y la legislación vigente.
- Línea de tratamiento a realizar en función de la composición del agua de alimentación a la depuradora y de la calidad del vertido.
- En función de la base de partida y los resultados a obtener calcular los rendimientos necesarios para depurar el agua residual.
- Determinar los valores medios y máximos de los diferentes parámetros (contaminación y caudal).

- Definir la línea de tratamiento para obtener la depuración de las aguas residuales teniendo en cuenta los rendimientos posibles de cada proceso unitario.

En la Figura 2.7 se establece la relación entre los contaminantes más importantes de las aguas residuales y los procesos unitarios que se pueden emplear para eliminarlos. La combinación de los mismos permitirá la elección del tratamiento adecuado en función del contaminante a eliminar y en qué cuantía.

<b>PROCESOS UNITARIOS PARA ELIMINAR LOS CONTAMINANTES DEL AGUA RESIDUAL</b>	
<b>Sólidos en suspensión</b>	Desbaste y dilaceración Desarenado Sedimentación Filtración Flotación Adición de polímeros Coagulación/sedimentación Sistemas naturales( por evacuación al terreno)
<b>Materia orgánica biodegradable</b>	Variación de fangos activados Película fija: filtro percoladores Película fija: Biodiscos Variantes de lagunaje Filtración intermitente en arena Sistemas Físico-Químicos Sistemas naturales
<b>Compuestos orgánicos volátiles</b>	Arrastre por aire Tratamiento de gases Adsorción en carbón
<b>Patógenos</b>	Cloración Hipocloración Cloruro de Bromo Ozonización



	Radiación U.V. Sistemas naturales
<b>Materia orgánica refractaria</b>	Adsorción en carbón Ozonización Sistemas naturales
<b>Materiales pesados</b>	Precipitación química Intercambio iónico Tratamiento por evacuación al terreno
<b>Sólidos orgánicos disueltos</b>	Intercambio iónico Ósmosis inversa Electrodialisis
<b>Nutrientes</b>	
<b>Nitrógeno</b>	Cultivo en suspensión con nitrificación-desnitrificación Película fija con nitrificación-desnitrificación Arrastre de amoníaco Intercambio iónico Cloración al break-point Sistemas naturales
<b>Fósforo</b>	Adición de sales metálicas Eliminación biológica del fósforo Coagulación y sedimentación con cal Eliminación bio-química del fósforo Sistemas naturales
<b>Nitrógeno y Fósforo</b>	Eliminación biológica de nutrientes

Figura 2.7.- Procesos unitarios para eliminación de contaminantes

Independientemente de las combinaciones que en cada caso particular se puedan hacer, la línea con frecuencia conveniente para aguas residuales urbanas es la indicada en la Figura 2.8

FASE DE LA DEPURACIÓN	PRINCIPALES PROCESOS
<p style="text-align: center;"><b>PRETRATAMIENTO</b></p>	<p>Predesbaste. Pozo de gruesos (o)  Desbaste  Desarenado  Desengrasado (o)  Pre-aireación (o)  Homogeneización y regulación de caudales (o)</p>
<p style="text-align: center;"><b>TRATAMIENTO PRIMARIO</b></p>	<p>Decantación primaria (e)  Tratamiento Físico-Químico y  Decantación(e)</p>
<p style="text-align: center;"><b>TRATAMIENTO SECUNDARIO</b></p>	<p>Lechos bacterianos (e)  Fangos activos (e)  Floculación decantación (e)</p>
<p style="text-align: center;"><b>TRATAMIENTO TERCIARIO</b></p>	<p>Filtración (o)  Coagulación y filtración (o)  Air stripping (o)  Nitrificación-desnitrificación (o)  Absorción por carbón (o)  Cambio iónico (o) (e)  Ósmosis inversa. Separación por membrana (o) (e)  Desinfección (o)</p>

**Figura 2.8.- Operaciones**

(O) Operaciones optativas

(e) Operaciones excluyentes

***OBRA DE LLEGADA***



### 3.1 ACOMETIDA

En la cabeza de la instalación se dispone de una arqueta en la que se conectan todos los colectores que lleguen a ella y en la que se iniciará la línea de pre-tratamiento. Esta arqueta debe disponer de un vertedero de seguridad y de un by-pass general en la instalación, de forma que la misma estructura de vertido y el sistema de desagüe (canal abierto o tubería) sirvan para ambos fines. El vertedero tiene como misión evacuar el excedente de caudal sobre el máximo que puede tratar la EDAR. Para poder cumplir esta misión con exactitud, se recomienda que el vertedero sea mediante compuerta regulable. La velocidad máxima en el sistema de desagüe será de 0,8 m/s a caudal medio, para evitar la sedimentación de partículas o formación de depósitos.

### 3.2 ALIVIADERO DE ENTRADA CON BY-PASS

El aliviadero de agua en exceso tiene como principal misión evitar las sobrecargas hidráulicas.

Un punto fundamental lo constituye, en los sistemas de saneamiento unitario, el vertedero de crecidas. Su misión es la de evacuar, en el curso de agua más próximo, el excedente de caudal que se ha calculado como tope para el funcionamiento de la depuradora. Estos caudales pueden derivarse (by-pass), de forma alternativa y parcial, hacia un depósito de retención para su reintroducción posterior a la depuradora.

Inicialmente se pensaba que, en tiempo de lluvia, el agua que llegaba a la depuradora estaba tan diluida, que era innecesario realizar su depuración. Sin embargo, se ha comprobado que, en general, el agua de lluvia recogida en los primeros 10-15 minutos de la precipitación está tan contaminada como el agua residual de tipo medio y a partir de los 20-30 minutos como el agua residual diluida.

Por tanto se prevé la necesidad de construcción de depósitos de retención para tiempos de permanencia de 20 a 30 minutos, que recojan las primeras escorrentías con contaminación alta. Una vez finalizada la aportación de la tormenta, el volumen contenido en estos depósitos se reintroduce en la depuradora.

Además estos depósitos de retención permiten el aporte de agua a la E.D.A.R. en momentos de bajo caudal, (horas nocturnas por ejemplo) reduciendo así los efectos negativos de un bajo caudal de tratamiento para la depuradora.

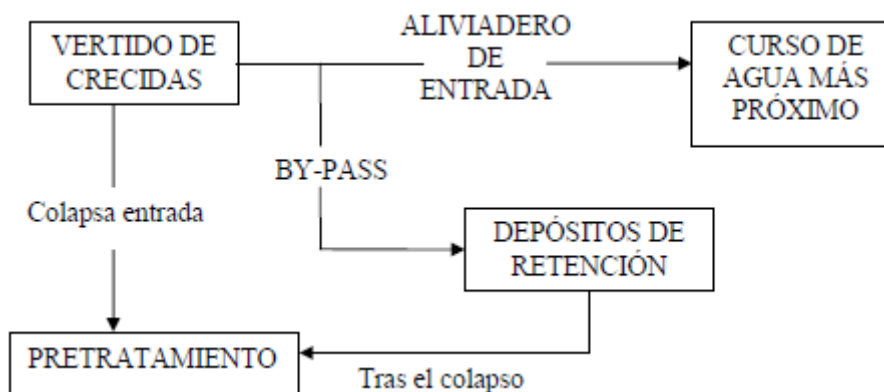


Figura 3.1.- Esquema circuito vertido de crecidas

### 3.3 DEPÓSITOS DE RETENCIÓN

Los depósitos de retención están hoy en día ampliamente aceptados como una técnica rentable para mejorar el funcionamiento de los sistemas de alcantarillado en lo referente tanto a protección frente a inundaciones, como a la reducción de la carga contaminante que llega al medio receptor.

#### 3.3.1 FUNCIONES DE UN DEPÓSITO DE RETENCIÓN

La principal función de un depósito de retención es limitar el caudal punta circulante por la red como consecuencia de un episodio de lluvias. Debe limitarse el caudal punta a la capacidad del sistema de alcantarillado aguas abajo de manera que se eviten las inundaciones del suelo urbano, especialmente en la parte baja de la cuenca, y el vertido de contaminantes a los cursos de agua adyacentes.

Consiste en destinar un espacio de suficiente superficie y cierta capacidad de almacenamiento para retener parte del volumen del hidrograma del caudal de escorrentía y reducir, por laminación, los caudales pico que se

presenten, hasta un caudal máximo que se desee hacer circular, cuya magnitud está en función de la capacidad de almacenamiento, de la superficie del depósito y la capacidad de desagüe de la red existente aguas abajo.

Donde el almacenamiento esté destinado a aliviar la superficie de inundaciones provenientes de la red, generalmente será necesario almacenar el total del hidrograma de escorrentía por encima del caudal de paso deseado.

### **3.3.2 TIPOLOGÍAS DE LOS DEPÓSITOS DE RETENCIÓN**

La construcción de un depósito de retención en una red de alcantarillado constituye una solución aceptable al problema de reducir el caudal punta circulante por la red, que en muchas ocasiones es consecuencia de un episodio de lluvias intensas y no puede ser asumido por los colectores existentes. Ahora bien, el problema con que cuenta esta técnica no es solo el análisis del comportamiento hidráulico del depósito sino la posibilidad de disponer en planta de la superficie

Existen dos tipologías diferenciadas de depósito cuyo comportamiento hidráulico es sensiblemente distinto, y que se adaptarían a esta disponibilidad o no de espacio: depósitos sin derivación (on-line tanks) o depósitos con derivación (off-line tanks).

Un depósito de retención puede ser construido tanto on-line como off-line en el sistema, es decir, todos los tipos de depósitos pueden ser construidos con ambas configuraciones. Además pueden incluso combinarse las dos configuraciones (depósitos mixtos) para mejorar los resultados obtenidos al introducir el depósito en el sistema.

#### **3.3.2.1 DEPÓSITOS SIN DERIVACIÓN**

Los depósitos sin derivación o depósitos en línea son depósitos que forman parte integral del sistema. El depósito consiste en un gran

volumen de almacenamiento que se llena cuando el caudal que llega excede el máximo caudal permitido por la red aguas abajo. Se colocan justo en el punto de la red de drenaje, en línea con ella, donde se pretende controlar el caudal circulante de tal modo que aguas abajo de ese punto la magnitud del caudal sea tal que pueda ser absorbida por la red y no cause perjuicio alguno.

Permiten atenuar los caudales punta aprovechando la capacidad de laminación de la superficie y el volumen de almacenamiento que tenga el depósito.

La descarga desde el depósito hacia el colector de salida está controlada por una válvula reguladora en su extremo aguas abajo. Este elemento regulador permite limitar el caudal de salida a un valor máximo deseado, acorde con las características del conducto aguas abajo y de toda la red en su conjunto, con lo que el nivel de agua en el depósito va aumentando a medida que va entrando agua y solo se permite la salida de una parte de ella.

Es posible adoptar esta tipología de depósito y permitir su vaciado por gravedad siempre que dispongamos de la necesaria área en planta, que dependiendo de la magnitud del caudal a laminar puede ser del orden de miles de metros cuadrados. Esta será, por tanto, su principal desventaja puesto que no siempre es posible disponer de una superficie lo suficientemente grande como para laminar los caudales deseados y que además esté dentro de la red. De todos modos, este tipo de depósitos también pueden ser vaciados mediante bombeo y en este caso no será necesaria la disponibilidad de espacio en planta, pues se aumentará el volumen de excavación.

Por otro lado, presenta como ventajas su relativamente fácil diseño y el hecho, ya comentado, que en la mayoría de los casos el vaciado se hace por gravedad.

### **3.3.2.2 DEPÓSITOS CON DERIVACIÓN**

Los depósitos con derivación o depósitos en paralelo están físicamente separados del punto del sistema donde se van a colocar. El exceso de



caudal que pasa por el conducto se desvía, en ese punto al depósito, a través de un dispositivo que puede ser un aliviadero lateral o compuerta. El agua excedente será almacenada en el depósito y deberá ser evacuada del mismo de forma controlada cuando la red lo permita.

La gran ventaja de este tipo de depósito es su flexibilidad en cuanto a su ubicación, puesto que ya no es necesario disponer de una gran superficie en un espacio determinado de la red, sino que se puede conducir el volumen de agua a un lugar donde sea físicamente posible la construcción del depósito. Hay que añadir además que en estos depósitos lo que más nos interesa es su volumen de almacenamiento, y no tanto la superficie en planta.

Su principal desventaja aparece a la hora de la evacuación de las aguas del depósito de nuevo hacia la red, puesto que muchas veces la ubicación del mismo no permite el vaciado por gravedad, debiéndose hacer por bombeo, lo que supone un coste adicional.

Cuando no tenemos superficie en planta disponible, el volumen del depósito deberá ser mayor -mayor volumen de excavación- para poder almacenar el agua, y debe recurrirse, o bien al vaciado mediante bombeo, o bien a la construcción de un nuevo conducto de desagüe que permita vaciar el depósito por gravedad. Ambas soluciones implican un sobrecoste nada despreciable.

### **3.3.2.3 DEPÓSITOS MIXTOS**

Un depósito mixto consiste básicamente en disponer a la vez de un depósito en línea y de un depósito de derivación conectados en el mismo punto de la red.

La posibilidad de combinar ambas tipologías de depósitos nos permite aprovechar las características de cada uno de ellos para conseguir una mayor eficacia.

De todos modos tanto los depósitos de retención en línea como en derivación pueden cumplir desde el punto de vista teórico la laminación

requerida de un hidrograma consecuencia de un episodio de lluvia y por tanto la elección de uno u otro estará sujeta en la mayoría de los casos a condicionantes de tipo económico y urbanístico más que a decisiones de carácter hidráulico.

#### 3.3.2.4 DIMENSIONADO DEPÓSITO

Debido a su fácil diseño y a que en la mayoría de los casos el vaciado se puede realizar por gravedad, y dado que no se ha considerado ninguna restricción en cuanto a la superficie disponible se ha escogido un depósito sin derivación para la realización de este proyecto.

Para ello, se ha partido de un caudal máximo ya calculado con anterioridad ( $Q_{\max} = 978 \text{ m}^3/\text{h} = 16,7 \text{ m}^3/\text{min}$ ) y suponiendo un caudal máximo de cridas ( $Q_{\text{crecidas}} = 1200 \text{ m}^3/\text{h} = 20 \text{ m}^3/\text{min}$ ), para los primeros 30 minutos tenemos un volumen total de agua estimado:

$$\text{Vol} = (20 - 16,7) \times 30 = 111 \text{ m}^3$$

Se instalarán para mayor seguridad dos depósitos (1 de reserva) de forma cilíndrica de  $111 \text{ m}^3$ .

La altura  $h$  de estos depósitos será de 3 m y por tanto su superficie:

$$S = 111 / 3 = 37 \text{ m}^2$$

Finalmente hallamos su diámetro:

$$D = 6,86 \text{ m}$$

$$D_{\text{comercial}} = 7 \text{ m}$$

$$S_{\text{real}} = 38,48 \text{ m}^2$$

# ***PRETRATAMIENTO***



## **4. INTRODUCCIÓN**

De una manera u otra, una infinidad de elementos y materiales terminan por llegar a la alcantarilla, y de esta a nuestra planta de tratamiento de aguas residuales. Latas, botellas, plásticos, trapos, ladrillos, piedras. Todos estos materiales, si no son eliminados eficazmente, pueden producir serias averías en los equipos. Las piedras, arena, latas, etc. producen un gran desgaste de las tuberías y de las conducciones así como de las bombas.

A nuestra planta también llegan aceites y grasas de todo tipo, si estas grasas y aceites no son eliminados en el pretratamiento, hace que nuestro tratamiento biológico se ralentice y el rendimiento de dicho tratamiento decaiga, obteniendo un efluente de baja calidad.

### **4.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO**

Con un pretratamiento pretendemos separar del agua residual tanto por operaciones físicas como por operaciones mecánicas, la mayor cantidad de materias que por su naturaleza (grasas, aceites, etc.) o por su tamaño (ramas, latas, etc.) crearían problemas en los tratamientos posteriores (obstrucción de tuberías y bombas, depósitos de arenas, rotura de equipos,..)

### **4.2 OPERACIONES DE PRETRATAMIENTO**

Las operaciones de pretratamiento incluidas en una E.D.A.R. dependen de:

- La procedencia del agua residual (doméstica, industrial, etc).
- La calidad del agua bruta a tratar (mayor o menor cantidad de grasas, arenas sólidos,...).
- Del tipo de tratamiento posterior de la E.D.A.R.
- De la importancia de la instalación.
- etc.

Tiene lugar en dos etapas. Mediante el desbaste se eliminan los sólidos de mayor tamaño por medio un pozo de gruesos y después las rejas retienen los sólidos flotantes. La segunda etapa se realiza en un desarenador -aireado, donde flotan las grasas y aceites y sedimentan las arenas (Figura 4.1.).

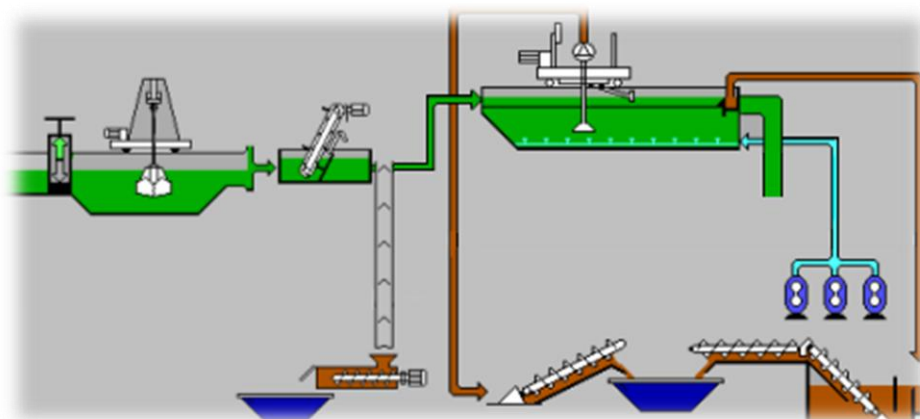


Figura 4.1.- Esquema del pretratamiento

### 4.3 DESBASTE

La primera operación que se realiza en todas las plantas depuradoras de aguas residuales ya sea urbana o industrial, es la de desbaste, consistente en la separación de esos sólidos de volumen elevado.

Entre las misiones que tienen encomendadas los procesos de desbaste, se encuentran como las más importantes:

- Protección mecánica de los equipos.
- Evitar posibles alteraciones a la circulación del agua residual a través de la depuradora.
- Evitar la presencia de sólidos inertes de gran tamaño en el tratamiento de fangos.
- Obstrucción de las líneas y canales de la planta.
- Evitar la deposición de estos residuos en los canales y equipos.

Entre las diferentes equipos que se pueden implantar en una planta depuradora llevar acabo los objetivos anteriormente citados están:

- Pozos de gruesos.
- Rejas.
- Tamices.
- Diceladores (no se emplearán en este caso, ya que no están permitidos por la legislación. Además aumentaría el contenido en sólidos en suspensión y DBO, con el consiguiente incremento del tamaño de estos equipos, e incluso de la línea de fangos).

Las basuras o residuos (sólidos extraídos en el proceso de desbaste), con una composición parecida a las basuras urbanas, se envían a los vertederos.

En este caso, debido a que se trata de una estación depuradora de aguas urbanas, se instalará un pozo de gruesos para retención de sólidos voluminosos que suele arrastran consigo el caudal de agua residual.

#### 4.3.1 POZO DE GRUESOS

El pozo de gruesos surge ante la necesidad de evitar los problemas que pueden acarrear la llegada de elementos de volumen elevado y alta densidad, como piedras, ladrillos.. o acumulaciones de arenas y solidos de alta densidad que son arrastradas hacia la depuradora en días de lluvias.



Figura 4.2.- Pozo de gruesos con cuchara bivalva

#### 4.3.1.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO

El objetivo del Pozo de Gruesos es retener los materiales más pesados o de gran tamaño que pueden influir negativamente en el funcionamiento de las operaciones unitarias sucesivas y que de pasar a los siguientes procesos pueden además provocar averías mecánicas graves en los equipos de tratamiento.

Los materiales retenidos en el fondo del pozo de gruesos se extraen por medio de una cuchara bivalva de accionamiento hidráulico, y que se puede desplazar a lo largo del pozo de gruesos gracias a un polipasto de traslación y elevación por medio de sendos motores eléctricos.

Los sólidos separados se descargan en un contenedor de fondo perforado, que apoya sobre una solera con pendientes hacia un sumidero, que recoge los escurridos y los devuelve al pozo de gruesos.

Los pozos de gruesos se fundamentan en la gran diferencia de densidad entre el sólido a separar y el agua, lo que conlleva que caigan al fondo del mismo en un tiempo mínimo.

#### 4.3.1.2 NORMAS GENERALES DE DISEÑO

- Las paredes laterales de los pozos de gruesos tienen una pendiente próxima a 60°.
- Tanto las paredes como la solera del fondo tienen embebidos carriles ferroviarios, con el fin de no dañar el hormigón en las operaciones de limpieza.
- La forma de evacuar los materiales retenidos en el pozo de gruesos, es mediante el empleo de una cuchara bivalva, montada sobre un pórtico grúa y con una capacidad entre 250 y 500 litros.
- Todo el material retirado por la cuchara bivalva se recoge sobre contenedor, del tipo de los utilizados para transporte de escombros de



construcción, siendo conveniente realizar una serie de perforaciones en el fondo del mismo, para permitir el escurrido de los materiales extraídos.

- La reja de muy gruesos para protección del equipo de bombeo, suele estar formada por carril ferroviario, siendo su forma de limpieza manual y la separación entre barrotes va a depender del tipo de bombas a utilizar.
- Todos los materiales separados en esta fase deben ser evacuados de la planta de forma diaria, con el fin de evitar posibles fermentaciones de la materia orgánica que sea arrastrada en la decantación de las arenas y en consecuencia generación de malos olores.
- La limpieza del pozo debe ser periódica, una o dos veces al día en tiempo seco y siempre que se produzcan lluvias, con el fin de evitar su colmatación y que dejen de ser efectivos como pre-desarenado.

#### **4.3.1.3 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO**

Los pozos de gruesos, se diseñan generalmente en base al tiempo de retención del agua en el equipo y en la carga hidráulica en el mismo.

Los valores de estos parámetros generalmente utilizados en la práctica son los siguientes:

- Tiempo de retención hidráulica ( $T_r$ ) entre 1 y 2 minutos a caudal máximo ( $Q_{m\acute{a}x}$ ). En este caso se adopta 1,5 minutos.
- Carga hidráulica (CH) próxima a  $1 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{min}$ .

El volumen pozo de gruesos vendrá dado por:

$$Vol (m^3) = \frac{Q_{m\acute{a}x}(m^3/h) \times Tr ( \text{min} )}{60}$$

Sustituyendo para el caso en estudio, resulta:

$$Vol = 978 \times 1,5 / 60 = 24,45 \text{ m}^3$$

la superficie del pozo de gruesos viene definida por:

$$S(m^2) = \frac{Q_{m\acute{a}x}(m^3/h)}{3600 \times CH (m^3/m^2 \cdot \text{min} )}$$

Sustituyendo para el caso en estudio:

$$S = 978 / ( 3600 \times 1 / 60) = 16,3 \text{ m}^2$$

De donde la profundidad pozo de gruesos será:

$$h(m) = \frac{Vol(m^3)}{S(m^2)}$$

Se obtiene:

$$h = 1,5 \text{ m}$$

Conocido el volumen y la altura del pozo de gruesos, y estableciendo una geometría rectangular del mismo, se obtienen las siguientes dimensiones del mismo:

$$S = 16,3 \text{ m}^2$$

$$a = 3,65 \text{ m}$$

$$b = 3,5 \text{ m}$$

Se instalarán tres bombas de Arquímedes, ya que con una de ellas se podrá bombear hasta caudal medio, con dos el caudal máximo y con la tercera se dispondrá de una reserva en caso de avería en alguna de las anteriores.

TABLA DE CAUDALES CON ÁNGULO DE 30°			
Diámetros Ø (mm)	RPM	Doble paso o entrada (l/s)	Triple paso o entrada (l/s)
400-215	90	21	25
500-270	80	36	42
600-320	70	55	68
700-355	63	85	102
800-400	58	113	140
900-450	55	152	200
1000-500	50	195	235
1100-560	46	240	290
1200-600	44	290	355
1300-700	41	335	410
1400-720	40	425	515
1500-750	38	520	630

Figura 4.3- Tabla de caudales en función del diámetro

Cada una de estas bombas deberá tener las siguientes características (teniendo en cuenta que el caudal medio es de 162.22 l/s y el caudal máximo de 271.66 l/s), de acuerdo con información del fabricante:

- Doble entrada
- Caudal con ángulo de 30° = 195 l/s
- Ø = 1000-500 mm
- RPM = 50

La distribución de las bombas sobre el ancho del pozo de gruesos será la siguiente:

- Borde-Bomba1 = 125 mm
- Bomba1 = 1000 mm
- Bomba1 - Bomba2= 125 mm
- Bomba2 = 1000 mm
- Bomba2-Bomba de Reserva = 125 mm
- Bomba de Reserva =1000 mm
- Bomba de Reserva- Borde = 125 mm
- Total = 3000 mm

#### **4.3.1.4 EXTRACCIÓN DE RESIDUOS GENERADOS EN EL POZO DE GRUESOS**

En una Estación Depuradora podemos estimar la cantidad de arena que llega a la misma, considerando que existen 0,031 l/hab/d. de residuos. De esta cantidad total podemos considerar que el 30% se extrae en el pozo de gruesos. Teniendo en cuenta que la población equivalente es de 56.000 habitantes, la cantidad de arena originada sobre el caudal medio será:

$$\text{Cantidad de arena} = 0,3 \times 0,031 \times 56000 / 1000 = 0,5208 \text{ m}^3/\text{d}$$

Teniendo en cuenta que la densidad es de 1,6 Tm/m<sup>3</sup>, el peso de arenas a extraer en estas condiciones será:

$$\text{Peso de arenas} = 0,5208 \text{ (m}^3/\text{d} \times 1,6 \text{ ( Tm / m}^3 \text{ )} = 0,833 \text{ Tm/d}$$

Para la recogida y almacenamiento de estos residuos se ha previsto la instalación de un contenedor de 4 m<sup>3</sup> de capacidad.

### 4.3.2 DESBASTE CON TAMICES

Los tamices, al igual que las rejas, son equipos para la eliminación de sólidos en suspensión de gran tamaño, consistentes en hacer pasar el agua a través de una placa perforada con ranuras o perforaciones de 1,0 a 3 mm. o bien por una malla de acero inoxidable, con luz entre 0,5 y 2 mm.

Estos equipos tienen una capacidad de eliminación de basuras mucho más elevado que las rejas, llegando en las plantas depuradoras urbanas incluso a una eliminación entre el 10-15% , de los sólidos en suspensión, no siendo habitual su utilización en este tipo de plantas, excepto en algunas depuradoras de caudales de tratamiento bajos, por su coste elevado frente a las rejas, la elevada pérdida de carga que presentan (entre 1,5 y 2,5 m.c.a.), así como su bajo caudal de tratamiento, lo que lleva consigo la utilización de numerosas unidades, con el problema de distribución hidráulico.

El empleo de este tipo de equipos, es muy aconsejable en el tratamiento de determinadas aguas industriales, como pueden ser mataderos, fábricas de cerveza, industrias de fermentación y en general aquellas aguas industriales con alto contenido en sólidos en suspensión de tamaño de partícula próxima a 1 mm o superiores.

En el pasado, los tamices utilizados eran de dos tipos, de disco y de tambor, utilizando como elementos de limpieza rasquetas, cepillos rotativos y chorros de agua o de aire.

En la actualidad, existe en el mercado un tipo de tamices, que utilizan como elemento filtrante una malla de acero inoxidable, especialmente construida para este fin.

La construcción de los diferentes tipos de tamices se lleva a cabo en acero inoxidable.

#### 4.3.2.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DESBASTE CON TAMICES

El tamizado consiste en una filtración sobre soporte delgado que se utiliza en numerosos casos del tratamiento de agua. Para el pretratamiento de las aguas residuales se utilizan pasos entre 2 y 6 mm, aunque pueden ser menores.

Si bien en un principio los tamices se utilizaban en casos especiales, cuando las aguas residuales llevaban cantidades excepcionales de sólidos en suspensión o cuando existían vertidos industriales del sector agroalimentario (residuos vegetales, cáscaras de huevo, semillas, residuos de matadero, etc.) en la actualidad su uso está generalizado sustituyendo las rejillas finas, e incluso en pequeñas instalaciones sustituyendo el desarenado y al tratamiento primario. Hay que tener en cuenta que en función del paso establecido se pueden obtener los siguientes rendimientos:

- Retención de DBO<sub>5</sub>: 10-15%
- Retención de S.S.: 15-25%
- Retención de arenas: 10-80%

Un aspecto importante en la instalación de los tamices es la alta pérdida de carga que producen, 0,5 a 2,0 m, en función del tipo y paso establecido. Los tamices deben construirse obligatoriamente de material inoxidable de alta calidad. (AISI-316L, aunque en algunas ocasiones pueden construirse de acero de una calidad un poco inferior como AISI 304).

- **Tamices autolimpiantes**

Están constituidos por una reja construida por barras horizontales, de acero inoxidable, rectas o curvadas, de sección triangular. El agua se distribuye en la parte superior de la reja cuya inclinación sobre la horizontal disminuye progresivamente de arriba abajo, entre 65° y 45° aproximadamente. Se obtienen

así sucesivamente los efectos de separación, escurrido y evacuación de las materias sólidas.

- **Tamices rotativos**

Llevar una reja cilíndrica de eje horizontal, constituida por barras de acero inoxidable, de sección trapezoidal, la cual gira lentamente. Las materias retenidas en la reja se recuperan por medio de un rascador fijo, y se evacúan. Para la instalación de los tamices estáticos y rotativos, deben tenerse en cuenta las pérdidas de carga, del orden de 2 metros, lo que obliga en la mayoría de los casos a un bombeo suplementario.

- **Tamices deslizantes**

Son de tipo vertical y continuo. Los sólidos retenidos son separados mediante bandejas horizontales, dientes u otro tipo de artilugios, distribuidos a lo largo del tamiz. El tipo más conocido es el AQUA-GUARD, que utiliza una especie de dientes de material plástico, colocados escalonadamente, formando una cadena sin fin. La descarga se realiza fácilmente por gravedad cuando la cadena gira sobre la rueda dentada de tracción. La pérdida de carga para este tipo oscila entre 0,1-0,4.

- **Tamices de escalera móvil**

Están formados por un gran número de láminas de acero inoxidable en forma de escalones. Una de cada dos láminas es móvil y describe un movimiento circular mediante un motor móvil, una caja de engranajes, cadenas y ruedas excéntricas. Las partículas que quedan atrapadas en las barras del filtro se elevan automáticamente hasta la siguiente barra fija del escalón, cada vez que la escalera de láminas completa un ciclo de rotación. Con este sistema de extracción de los sólidos retenidos son difíciles las obstrucciones, teniendo capacidad de elevación de sólidos de gran tamaño. La pérdida de carga para este tipo de tamices oscila entre 0,2-0,5 m.

- **Tamices de perfil en cuña**

Constan de un tambor cilíndrico instalado en un contenedor o en el canal, con una inclinación de 35°. El agua entra en el tambor frontalmente quedándose los sólidos retenidos en la malla. Al alcanzar el gua una determinada diferencia de cota arriba y abajo del tamiz, se pone en marcha el sistema de limpieza. El tambor comienza a girar, transportando los residuos hacia la parte superior y haciéndolos caer por media de agua a presión y un cepillo a una tolva situada en el centro del tambor. Desde ahí, un tornillo sin fin transporta los sólidos hacia el tubo de extracción. Este tipo de tamiz lleva incorporado, en general un sistema de prensa hidráulica para los residuos. Su pérdida de carga oscila entre 0,2-0,4.

#### **4.3.2.2 NORMAS GENERALES DE DISEÑO DE TAMICES**

- En los tamices estáticos no es preciso el empleo de unidad de reserva, debido a la ausencia de averías al no disponer de partes móviles.
- Habitualmente se montan sobre una estructura de tal forma que los residuos separados caigan directamente al contenedor.
- Debido a la elevada pérdida de carga y a la forma de operación, generalmente, el agua llega por bombeo, lo que supone a necesidad de una reja previa.
- Ha de disponerse de un acceso fácil para evacuación de los contenedores de acumulación de basuras.
- Ha de incorporar una conexión para agua, en las proximidades, para limpieza de la superficie filtrante.

En los tamices dinámicos se ha de tener un control periódico del ajuste y desgaste de la cuchilla de limpieza



### 4.3.3 REJAS DE DESBASTE

Las rejas consisten básicamente en un conjunto de barras metálicas de sección regular, paralelas y de separación uniforme entre ellas, situadas en un canal de hormigón, (con un cierto ángulo frente a la vertical), en posición transversal al flujo, de tal forma que el agua residual pase a través de ellas, quedando retenidos todos los sólidos presentes, con un tamaño superior a la separación entre las barras (Figura 4.4.). Todas las barras de la reja se encuentran fijadas en un marco, con el fin de rigidizar el sistema. Esta es la primera operación que se realiza en la planta depuradora.



Figura 4.4.- Rejas

#### 4.3.3.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO

El objetivo del proceso de desbaste mediante rejas es la eliminación de todos los sólidos en suspensión de tamaño superior a la separación entre barrotos (luz) con el fin de evitar obstrucciones en líneas o problemas mecánicos en los equipos dinámicos. Esta es la primera operación que se realiza en todas las plantas depuradoras ya sean urbanas o industriales.

La separación de los sólidos de gran tamaño presentes en las aguas residuales en las rejas se basa en su tamaño, de tal forma que quedaran

retenidos todos aquellos que tengan un tamaño superior a la separación fijada entre los barrotes

#### 4.3.3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS REJAS

La primera división de las rejjas viene establecida por la separación o luz entre los barrotes, como se puede ver en la Figura 1.15.

TIPO	LUZ (mm)
Rejas de gruesos	> 50
Rejas de medios	15 a 50
Rejas de finos o rejillas	8 a 12

Figura 4.5.- Tipos de rejjas.

Dependiendo la utilización de un tipo u otro del tamaño de los sólidos a retener.

En estos equipos, cuanto menor sea la separación o luz entre barras, mayor es el volumen de residuos eliminados.

Para esta depuradora se empleará una reja de medios, seguida de una de finos, con una separación entre barrotes en cada una de ellas tal que cada una separe aproximadamente el 50 % de las basuras eliminadas.

#### 4.3.3.3 REJAS DE LIMPIEZA AUTOMÁTICA

Las unidades de limpieza automáticas requieren una menor atención que las manuales, siendo preciso mantenerlas perfectamente ajustadas y lubricadas.

En este tipo de rejjas, la limpieza se lleva a cabo mediante unos rastrillos que encastran entre los barrotes y se deslizan a lo largo de los mismos siendo arrastrados acoplados a cadenas sinfín, a un brazo basculante, cable de arrastre, etc. La velocidad de desplazamiento de los rastrillos viene fijada por el fabricante del equipo, siendo los valores generalmente adoptados entre 2 y 5 m/min.

El espesor de los rastrillos varía entre 15 y 20 mm.

El sistema de limpieza automático de las rejjas, lleva a cabo su misión de forma discontinua, siendo actuado mediante un temporizador o bien por determinación de la diferencia de nivel del agua antes y después de la reja, lo que indica el grado de colmatación en que ésta se encuentra.

En las rejjas de funcionamiento automático, el ángulo del equipo con la solera del canal, suele ser entre 75-85°.

Existen en el mercado rejjas en las cuales la superficie de desbaste tiene geometría curva.

En este caso, se instalarán dos rejjas en serie: una reja de medios y otra de finos, ambas de limpieza automática.

#### **4.3.3.4 NORMAS GENERALES DE DISEÑO**

- La instalación de las rejjas se lleva a cabo en un canal de sección rectangular, con fondo horizontal o ligera pendiente descendente en la dirección del flujo, y en un tramo recto, con el fin de conseguir que la velocidad de aproximación sea lo más homogénea posible, ya que la existencia de turbulencias en las cercanías de dichos equipos, puede hacer que la atraviesen sólidos que quedarían retenidos en otras condiciones.
- La instalación debe realizarse de tal forma que disponga de accesos fáciles para la evacuación de la basura que quede retenida en la reja y se encuentre almacenada en los contenedores de residuos correspondientes.

- Es práctica habitual la instalación de una unidad de reserva sobre todo cuando se utilizan equipos automáticos.
- Instalación de dos o más unidades, con el fin de dar mayor flexibilidad a la planta.
- Compuertas de aislamiento de cada unidad, con el fin de poder proceder a su reparación en caso de avería.
- Sistema de transporte de las basuras desde la reja al contenedor, prensa, etc. generalmente mediante cintas transportadoras.
- El material de las rejillas habitualmente es acero al carbono y en algunos casos acero inoxidable.
- Los elementos de acero al carbono deberán estar pintados con dos capas de imprimación y dos de pintura epoxi bituminosa.
- La instalación de rejillas como desbaste de las aguas residuales, se realiza en todas las plantas depuradoras de aguas residuales tanto urbanas como industriales.
- Hay que tener en cuenta que en esta zona de la depuradora y sobre todo en verano con altas temperaturas, puede producirse una generación de olor desagradable bastante importante, lo que lleva consigo su instalación en recintos cerrados con sistema de extracción y tratamiento de olores.

#### **4.3.3.5 EXTRACCIÓN DE RESIDUOS EN LAS REJAS**

Las rejillas de limpieza manual son instaladas en plantas urbanas de bajo caudal o industriales, estando el sistema utilizado basado en el empleo de un rastrillo con púas que se encastran en los espacios abiertos de las rejillas.

Con el fin de facilitar el trabajo de limpieza, el ángulo de la reja con el canal suele estar próximo a los 45-60°.

Con estos equipos debe tenerse una atención frecuente, con el fin de evitar acumulaciones importantes de basuras sobre los barrotes, que podrían llegar a producir desbordamientos del agua residual por colmatación de la superficie de paso del agua.

Las unidades de limpieza automática requieren una menor atención que las manuales, siendo preciso mantenerlas perfectamente ajustadas y lubricadas.

En este tipo de rejillas la limpieza se lleva a cabo mediante unos rastrillos que encastran entre los barrotes y se deslizan a lo largo de los mismos siendo arrastrados acoplados a cadenas sinfín, a un brazo basculante, cable de arrastre, etc.

La velocidad de desplazamiento de los rastrillos viene fijada por el fabricante del equipo, siendo los valores generalmente adoptados entre 2 y 5 m / min.

El espesor de los rastrillos varía entre 10 y 20 mm.

El sistema de limpieza automático de las rejillas, lleva a cabo su función de forma discontinua, siendo actuado mediante un temporizador o bien por determinación de la diferencia de nivel del agua antes y después de la reja, lo que indica el grado de colmatación en que esta se encuentra.

En las rejillas de funcionamiento automático, el ángulo del equipo con la solera del canal, suele estar entre 75-85°.

#### **4.3.4 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO**

Tras el pozo de gruesos y previo al bombeo del agua bruta se colocarán las rejillas de gruesos o predesbaste. Para el proceso de desbaste se ha diseñado tres líneas o canales, de sección rectangular, con ligera pendiente y unas dimensiones 0,6 x 1 de m<sup>2</sup> (2+1R). En cada canal principal se instalará una

reja de medios seguida de otra de finos ambas de limpieza automática. Para el canal de reserva se adoptará una la reja de medios seguida de una reja de finos ambas de limpieza manual, ya que solo serán necesario en caso de avería de los canales principales.

Uno de los factores más importantes en el cálculo de estos equipos es la velocidad de paso del agua a través del mismo, ya que una velocidad elevada da lugar a una menor retención de los sólidos a eliminar por las turbulencias generadas, mientras que una velocidad demasiado lenta provocará decantaciones de arenas y otros sólidos en suspensión de alta densidad en el canal.

Los principales parámetros de diseño y sus valores serán:

- Velocidad mínima del agua residual en el canal de desbaste: 0,4 m/s.
- Velocidad de paso a  $Q_{med}$  y colmatación del 30%: 0,7-1,0 m/s.
- Velocidad de paso a  $Q_{máx}$  y colmatación del 30%: 1,2-1,4 m/s.
- Sistema de limpieza de rejillas: Automático por nivel diferencial.
- Sistema de extracción de residuos: Cinta transportadora.
- Compactador de residuos.
- Sistema de evacuación por contenedores.
- Con el fin de evitar deposiciones de arenas en el canal de aproximación, la velocidad del agua en el mismo deberá ser superior a 0,3 m/s.

La velocidad límite inferior en el canal de aproximación generalmente utilizada es la siguiente:

- $V$  (m/s) a  $Q_{med}$  entre 0,3-0,5 m/s.

Adoptaremos los siguientes valores:

- $V$  a  $Q_{med}$  y colmatación del 30% →  $V(m/s) = 0,8$

- V a  $Q_{\text{máx}}$  y colmatación del 30%:  $\rightarrow V(\text{m/s}) = 1,2$
- Grado de colmatación C (%) = 30%

Para el diseño de una reja, ya sea de gruesos o de finos, puede utilizarse la siguiente ecuación:

$$S(\text{m}^2) = \frac{Q(\text{m}^3/\text{h})}{3600} \cdot \frac{L(\text{mm}) + e(\text{mm})}{L(\text{mm})} \cdot \frac{1}{C}$$

El coeficiente C de colmatación, representa la superficie libre de reja (en tanto por uno), para un porcentaje de suciedad predeterminado. En plantas urbanas se considera en cálculo un porcentaje de reja sucia del 30%, y en consecuencia el valor de C en este caso es de 0,7.

La superficie debe calcularse para el caudal medio y máximo, con los parámetros indicados en las bases de diseño, adoptándose el mayor de los valores obtenidos.

Para el caso de reja de gruesos:

- Luz = 50 mm.
- Espesor  $\approx$  16 mm.

Estudiando “S” en el caso de  $Q_{\text{med}}$ :

$$S = 584 \times (50 + 16) / (3600 \times 0,8 \times 50 \times 0,7) = 0,382 \text{ m}^2$$

Estudiando “S” en el caso de  $Q_{\text{máx}}$ :

$$S = 978 \times (50 + 16) / (3600 \times 1,2 \times 50 \times 0,7) = 0,427 \text{ m}^2$$

Por tanto adoptamos un criterio conservador y tomamos la solución:

$$S = 0,427 \text{ m}^2$$

En rejas la relación de aspecto típica es:

$$H/B = \text{Altura/Ancho} = 1,3$$

$$S = H \times B = 1,3 B \times B$$

Conociendo la superficie, y con esta última ecuación se obtiene que el ancho de la reja de gruesos, que es crítica en este caso, será:

$$B = 0,57 \text{ m}$$

Y por tanto, la altura:

$$H_{\text{gruesos}} = 0,741 \text{ m}$$

Para el caso de reja medios:

- Luz = 20 mm
- Espesor ≈ 10 mm

Estudiando “S” en el caso de  $Q_{\text{med}}$ :

$$S = 294 \times (20 + 10) / (3600 \times 0,8 \times 20 \times 0,7) = 0,218 \text{ m}^2$$

Estudiando “S” en el caso de  $Q_{\text{máx}}$ :

$$S = 489 \times (20 + 10) / (3600 \times 1,2 \times 20 \times 0,7) = 0,245 \text{ m}^2$$

Por tanto, se tomará una superficie de reja de medios de  $0,245 \text{ m}^2$ .

Para la reja de finos:

- Luz = 8 mm
- Espesor ≈ 8 mm



Estudiando “S” en el caso de  $Q_{med}$ :

$$S = 294 \times (8 + 8) / (3600 \times 0,8 \times 8 \times 0,7) = 0,289 \text{ m}^2$$

Estudiando “S” en el caso de  $Q_{m\acute{a}x}$ :

$$S = 489 \times (8 + 8) / (3600 \times 1,2 \times 8 \times 0,7) = 0,323 \text{ m}^2$$

Por tanto, se tomará una superficie de reja de finos de  $0,323 \text{ m}^2$

Esta superficie correspondería con una reja colocada perpendicular a la solera del canal. Ahora bien, estos equipos se colocan formando un cierto ángulo con la vertical, siendo en consecuencia preciso calcular la superficie mojada.

$$S_{mojada}(\text{m}^2) = \frac{S(\text{m}^2)}{\text{sen}(\alpha)}$$

Se considerará un ángulo de  $80^\circ$ , según valores típicos.

Para la reja de medios:

$$S_{mojada} = 0,245 / \text{sen}(80^\circ) = 0,248 \text{ m}^2$$

Para la reja de finos:

$$S_{mojada} = 0,323 / \text{sen}(80^\circ) = 0,328 \text{ m}^2$$

Conociendo la superficie, se obtiene que el ancho de la reja de finos, que es crítica en este caso, será:

$$B = \sqrt{\frac{S}{1,3}}$$

$$B = 0,5 \text{ m}$$

Y por tanto, la altura:

$$H_{\text{finos}} = 0,656 \text{ m}$$

El ancho de la reja de finos (B), será el mismo para la reja de medios. Por tanto, conociendo la superficie de la reja de medios, hacemos directamente  $S = H \times B$

$$H_{\text{medios}} = 0,496 \text{ m}$$

Tal y como se puede observar, la altura de la reja de medios es menor que la altura de la reja de finos. El paso del agua se consigue dando mayor profundidad al canal de desbaste en la zona en la que se encuentra instalada la reja de finos.

El espesor de los barrotes depende del tamaño de las rejillas, de tal forma que le de la resistencia mecánica precisa para evitar deformaciones, variando desde 5 mm en las más pequeñas hasta los 12 mm en las de mayor tamaño.

La pérdida de carga a través de la reja puede ser determinada a partir de la siguiente ecuación:

$$H(m) = \frac{V^2(m/s) - v^2(m/s)}{2 \times g(m/s^2) \times C}$$

La pérdida de carga aumenta con el grado de colmatación de la reja, no debiendo superar los 150-200 mm.c.a.

#### 4.4 DESARENADO

El desarenado tiene por objeto la eliminación de arenas y partículas discretas de tamaño superior a 0,15 - 0,2 mm, con un peso específico igual o mayor de 2,65. De ese modo, se consiguen separar los elementos pesados en suspensión (arenas,

pequeños objetos metálicos, cascotes de vidrio o cerámica, etc.) que lleva el agua residual y que perjudican los tratamientos posteriores generando una disminución en la capacidad hidráulica del sistema, sobrecargas de fangos, abrasión y desgaste en los distintos equipos mecánicos y bombeos, y formación de depósitos tanto en las conducciones hidráulicas como en los canales.

La retirada de estas arenas y otras sustancias sólidas densas en suspensión, que poseen una velocidad de sedimentación o peso específico superior a los de los sólidos orgánicos del agua residual, se realiza en el desarenador (Figura 4.6.), donde se remansa el agua, se disminuye su velocidad, se aumenta la sección de paso y las partículas en suspensión más pesadas se depositan en el fondo.



**Figura 4.6.-** Desarenador

La operación desengrasado suele hacerse conjuntamente con el desarenado aireado (Figura 4.7.) para aguas residuales urbanas.

El desengrasado tiene por objeto eliminar las grasas, aceites, espumas y las restantes materias flotantes más ligeras del agua residual, que pueden ocasionar problemas en los tratamientos posteriores (formación de una capa superficial en los decantadores que dificulta la sedimentación al atraer hacia la superficie pequeñas partículas de materia orgánica, problemas en la aireación del proceso de fangos activos disminuyendo el coeficiente de transferencia por ascenso de

las grasas, perturbación del proceso de digestión de lodos, incremento de la DQO, etc.).

Por medio de la inyección de aire en el desarenador se desemulsionan las grasas y se mejora la flotación de las mismas. Además, se obtienen ventajas como la reducción de olores, la extracción de arenas con bajo contenido de materia orgánica (controlando adecuadamente el caudal de aire), rendimientos constantes y pérdidas de carga pequeñas.

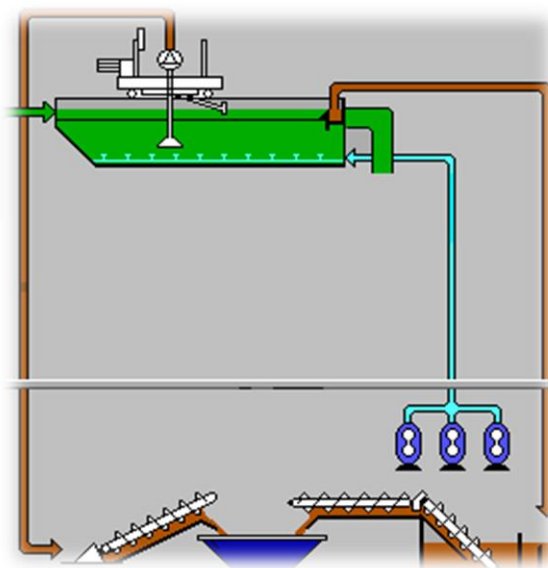


Figura 4.7. - Esquema desarenado-desengrasado

Por estas razones, en este caso, el desarenado–desengrasado se lleva a cabo de forma conjunta en el mismo equipo del desarenador aireado, creando una zona donde las grasas se acumulan en superficie hasta ser evacuadas, y se consigue un ahorro del volumen total necesario para los procesos independientes.

Los residuos eliminados en el desbaste, así como las arenas y los sobrenadantes, son almacenados en sus respectivos contenedores para transportarlos a vertedero controlado (Figura 4.8.).



Figura 4.8. - Contenedores

#### 4.4.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO

Consisten en un canal de geometría determinada en el que se crea un movimiento de tipo helicoidal del agua mediante un colector provisto de difusores.

La cantidad de aire inyectado a través de los difusores determina la velocidad de giro o de rotación del agua, de manera que cuanto mayor sea la cantidad de aire inyectado, mayor será la velocidad de giro, pudiéndose establecer por lo tanto la velocidad adecuada actuando sobre la cantidad de aire inyectado.

Cualquier partícula que se encuentre en las proximidades de la zona de recogida de arena, se encuentra sometida a dos fuerzas de sentido opuesto, una de caída debido a su propio peso y otra ascensional o de arrastre producida por el giro de la masa de agua. De esta manera se producirán dos efectos: las partículas que quedarán en el fondo del desarenador serán aquellas en las que la fuerza de caída sea superior a la de arrastre, y serán arrastradas por el agua fuera del equipo las partículas en las que sea menor.

Como ya se ha indicado antes, variando la cantidad de aire inyectado se modifica la velocidad de giro y por lo tanto la fuerza ascensional, por lo que se produce la separación sólo de las partículas de alta densidad.

En la actualidad se consigue un desengrasado en superficie al diseñar los desarenadores con menor velocidad. Esto hace que se deposite en el fondo ciertas cantidades de sólidos en suspensión de carácter orgánico, de manera que para obtener una arena limpia, la arena que se extrae del desarenador se introduce en un lavador de arena donde se elimina la materia orgánica depositada, enviándose a cabeza de planta las aguas de lavado.

#### 4.4.2 NORMAS GENERALES DE DISEÑO

- La profundidad de los equipos varía entre 3 y 4,5 m.
- La longitud se encuentra entre 6 y 20 m.
- Relación longitud/ anchura: 2,5: 1 a 5:1.
- La anchura varía entre 2 y 6 m.
- Se utilizan unidades múltiples en el caso de que las dimensiones obtenidas fuesen superiores a las típicas.
- Los difusores se instalan entre 0,4 y 0,6 m por encima de la cota del fondo.
- La capacidad de las bombas de extracción de arena en redes unitarias será de 50 l/m<sup>3</sup>.
- En las unidades desarenado-desengrasado conjuntas, se suelen instalar una pantalla longitudinal con el fin de conseguir una zona de tranquilización, y facilitar la separación de las grasas.
- La concentración de la arena para el bombeo no debe ser superior al 3%.

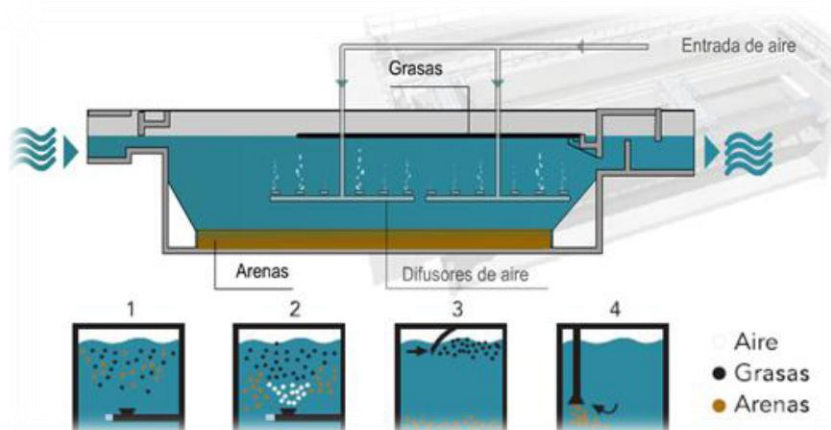


Figura 4.9.- Esquema de eliminación de grasas y aceites

#### 4.4.3 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO

Por lo explicado anteriormente se deduce que la opción más adecuada es la utilización de desarenadores aireados de flujo en espiral ya que los de flujo horizontal son de aplicación exclusiva en plantas pequeñas y los de sección cuadrada han caído en desuso por los problemas mecánicos que presentan. Se proyectan dos desarenadores/desengrasadores (1+1R), de flujo en espiral, una operativa y otra de reserva, aunque en la práctica siempre estén funcionando las dos, las dimensionaremos de tal manera que una sola sea capaz de trabajar con todo el caudal.

Con la utilización de estos desarenadores (aplicados en plantas de capacidad media o alta), se obtienen unos grados de lavado importantes (concentraciones mínimas de materia orgánica) y por su configuración, no se ven afectados por variaciones del caudal.

En el caso de plantas depuradoras urbanas en que se desee llevar a cabo el proceso de desarenación conjuntamente con la separación de grasas y aceites, los datos de diseño serán:

- Tiempo de retención: 8 - 16 min.
- Carga hidráulica: 15 - 30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h.

- Caudal de aire: 0,5 - 1,8 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>·h.
- Tipo de difusores: de burbuja fina o media.

Se calculará la superficie horizontal en el caso del caudal medio y, por otro lado, en el caso del caudal máximo, y se tomará la de mayor valor:

- Caudal máximo y CH alta, tomando para ello el caudal de 978 m<sup>3</sup>/h y la CH de 30 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>·h.

$$S \text{ (m}^2\text{)} = Q \text{ (m}^3\text{/h)} / CH \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$S = 978(\text{m}^3\text{/h}) / 30(\text{m}^3\text{/h}) = 32,6 \text{ m}^2$$

- Caudal medio y CH baja, tomando para ello el caudal de 584 m<sup>3</sup>/h y la CH de 15 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>·h.

$$S \text{ (m}^2\text{)} = Q \text{ (m}^3\text{/h)} / CH \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$S = 584(\text{m}^3\text{/h}) / 15(\text{m}^3\text{/h}) = 38.93 \text{ m}^2$$

Con el volumen se procederá de la misma manera:

- El volumen vendrá determinado para caudal medio, por la siguiente expresión:

$$\text{Vol (m}^3\text{)} = Q \text{ (m}^3\text{/h)} \times \text{Tr (min)} / 60 \text{ (min/h)}$$

$$\text{Vol} = 978 \text{ (m}^3\text{/h)} \times 8 \text{ (min)} / 60 \text{ (min/h)} = 130,4 \text{ m}^3$$

- El volumen vendrá determinado para caudal medio, por la siguiente expresión:

$$\text{Vol (m}^3\text{)} = Q \text{ (m}^3\text{/h)} \times \text{Tr (min)} / 60 \text{ (min/h)}$$

$$\text{Vol (m}^3\text{)} = 584 \text{ (m}^3\text{/h)} \times 16 \text{ (min)} / 60(\text{min/h}) = 155,73 \text{ m}^3$$

Tomando los valores de máxima superficie y volumen se calcula la altura, viniendo determinada por la expresión:



$$H \text{ (m)} = V \text{ (m}^3\text{)} / S \text{ (m}^2\text{)}$$

$$H = 155,738 \text{ (m}^3\text{)} / 38,93 \text{ (m}^2\text{)} = 4 \text{ m}$$

Según normas generales de diseño, la longitud debe encontrarse entre 6 y 20 m, la anchura entre 2 y 6 m y la relación longitud-anchura entre 2,5 y 5.

Se establece una anchura de 3 m, valor adecuado desde el punto de vista del puente de recogida de inertes, por lo que se obtiene la siguiente longitud del equipo:

$$L = 13 \text{ m}$$

Obteniéndose una relación longitud-anchura de 4,33. Por tanto, todos los valores de dimensionado del equipo se encuentran en los rangos típicos.

Finalmente la cantidad de aire vendrá dada por:

$$Q_{\text{aire}} \text{ (m}^3\text{/h)} = V \text{ (m}^3\text{)} \times 1,5 \text{ (m}^3\text{/ m}^3\cdot\text{h)}$$

$$Q_{\text{aire}} = 155,73 \text{ m}^3 \times 1,5 \text{ (m}^3\text{/ m}^3\cdot\text{h)} = 233,595 \text{ m}^3\text{/h}$$

A partir de ese valor y el de la superficie se determinará el número de difusores y la distribución de los mismos.

Por otra parte, teniendo en cuenta que la cantidad de aire es de 234 m<sup>3</sup>/h, y que la capacidad de cada difusor es de 12 m<sup>3</sup>/h, la cantidad necesaria de estos será:

$$\text{N}^{\circ} \text{ difusores} = 234 / 12 = 19,5$$

Por tanto serán necesarios 20 difusores y la distancia que habrá entre los mismos será:

$$12 / 20 = 0,6 \text{ m}$$

#### **4.4.4 EXTRACCIÓN DE RESIDUOS GENERADOS EN EL DESARENADOR /DESENGRASADOR**

En los equipos aireados, la arena se extrae habitualmente por bombeo, mediante bomba instalada en un puente que se desplaza sobre carriles apoyados en los muros longitudinales del separador. La arena extraída, generalmente se envía a un lavador (clasificador) de arenas, para reducir la materia orgánica presente a un mínimo.

La cantidad de arena a eliminar dependerá de:

- Tipo de red de colectores, ya sea unitaria o separativa.
- Características del área servida.
- Superficie de zonas verdes en la zona de recogida.
- Pluviometría de la zona.

Las variaciones en la cantidad de arena recogida varían de forma muy importante de unas instalaciones a otras.

En tiempo seco la cantidad de arena extraída puede estimarse entre 10 y 50 m<sup>3</sup> de arena por cada millón de m<sup>3</sup> de agua tratada.

En caso de lluvia, los valores indicados anteriormente, van a verse incrementados de forma muy importante.

En aquellas plantas con desarenado-desengrasado debido a que al ser retirados estos compuestos en los desarenadores, arrastran una cantidad importante de agua, antes de su evacuación final de la depuradora se les pasa por un concentrador de grasas.

Las grasas y aceites separados deben recogerse y evacuarse a través de un gestor de residuos autorizado.

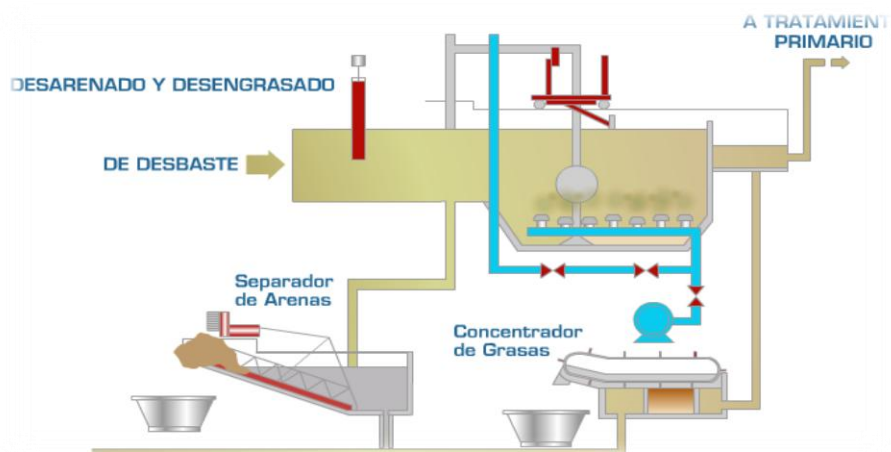


Figura 4.10.- Esquema extracción residuos generados

El aceite y elementos flotantes en general, procedentes de los desarenadores/desengrasadores y de los decantadores secundarios, son descargados en un separador provisto de un equipo de rasquetas para barrido de la lámina superficial, mantenida a nivel constante por medio del correspondiente vertedero.



# ***TRATAMIENTO PRIMARIO***



## 5. INTRODUCCIÓN

El objetivo primordial del tratamiento primario es la reducción de los sólidos en suspensión (SS) del agua residual que no han sido retenidos en el pretratamiento, además de una cierta reducción, también, de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y una disminución de la contaminación bacteriológica. Es decir, eliminar la materia decantable orgánica e inorgánica mediante la decantación y así mismo eliminar la materia flotante y las espumas realizando un barrido superficial. Los principales procesos utilizados en la depuración de las aguas residuales se clasifican en :

### I. Procesos de separación sólido-líquido

- a) Sedimentación ( o decantación primaria)
- b) Flotación por aire disuelto
- c) Proceso mixto

### II. Procesos complementarios de mejora

- a) Floculación
- b) Coagulación
- c) Tratamiento físico-químico

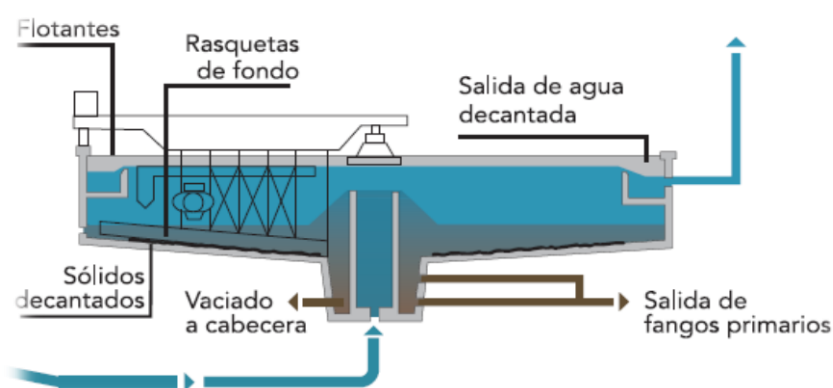


Figura 5.1.- Decantador primario

## 5.1 DECANTACIÓN

En este proceso se lleva a cabo la sedimentación de los materiales suspendidos por diferencia de densidad, mediante la utilización de tratamientos físicos o físico-químicos, en ocasiones dejando simplemente las aguas residuales un tiempo en grandes tanques o en el caso de los tratamientos primarios mejorados, añadiendo al agua contenida en estos grandes tanques, sustancias químicas quelantes (o también llamadas floculantes) que permitan la unión de pequeñas partículas formando unas mayores y que de esta forma puedan sedimentar con mayor facilidad. Este proceso también es conocido como sedimentación.

### 5.1.1 OBJETIVO Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO

El objetivo fundamental de la decantación primaria es la eliminación de los sólidos sedimentables.

La mayor parte de las sustancias en suspensión en las aguas residuales no pueden retenerse, por razón de su tamaño o densidad, en las rejillas, desarenadores y cámaras de grasas, ni tampoco pueden separarse por flotación por ser más pesadas que el agua.

La reducción de la velocidad de corriente por debajo de un determinado valor (en función de la eficacia deseada en la decantación), es el fundamento de la eliminación de un 60% de las materias en suspensión del influente. Al depositarse estas partículas de fango, arrastran en su caída una cierta cantidad de bacterias, con lo que se alcanza también en este tipo de tratamiento una reducción de la DBO<sub>5</sub> y una cierta depuración biológica.

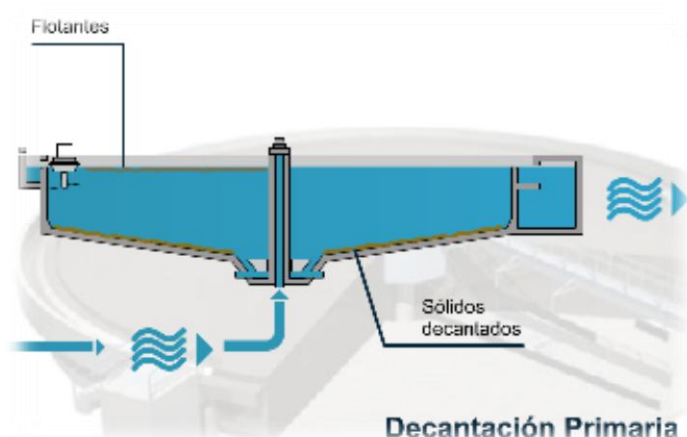
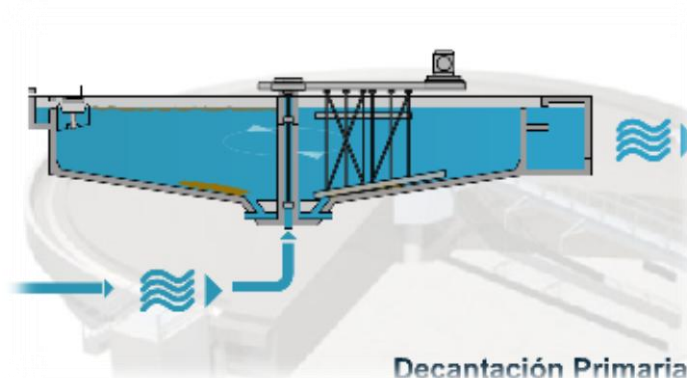
El proceso de decantación también tiene como principales objetivos:

- Proteger a los procesos posteriores de oxidación biológica de la deposición de fangos inertes.



- Evitar su vertido al cauce receptor, por la problemática que ocasionan en el mismo.
- Cumplir la normativa legal vigente.
- Los sólidos en suspensión de naturaleza orgánica que generen DBO, en el proceso de decantación va a tener lugar además de la eliminación de los mismos, la disminución de la DBO asociada a los sólidos, lo que redundará en unos procesos biológicos posteriores de menor tamaño, y una reducción importante del consumo energético.

Sirven como decantadores todos los depósitos que sean atravesados con velocidad suficientemente lenta y de forma adecuada por el agua a depurar.



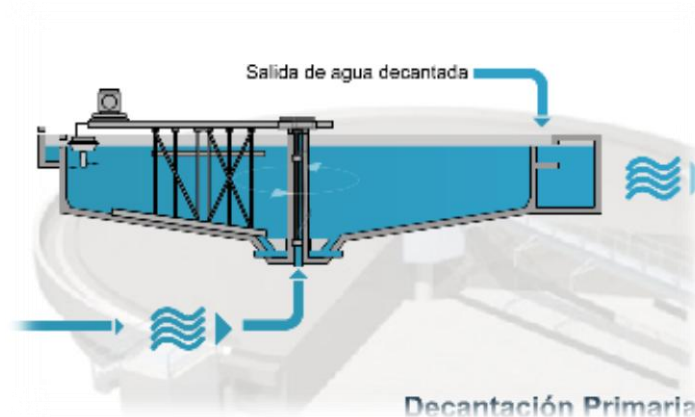


Figura 5.2.- Funcionamiento de un decantador primario

### 5.1.2 EQUIPOS UTILIZADOS

La exigencia, sin embargo, de separar fácil y rápidamente las partículas sedimentadas de las aguas clarificadas ha conducido a ciertas formas especiales.

#### Tipos de decantadores

Existen múltiples ejemplos de decantadores reales, pero atendiendo a su tipología física destacan:

- Decantador circular.
- Decantador de base rectangular o de base cuadrada.

La elección de uno u otro tipo de equipos dependen de una serie de factores como:

- Tamaño de la instalación.
- Terreno disponible y de sus condiciones.
- Experiencia del proyectista.
- Estimación de costes.

Los equipos utilizados en la mayoría de las plantas depuradoras en España son de tipo circular, ya que son más simples y de más fácil mantenimiento y por tanto más económicos que los de tipo rectangular. Por las características de esta E.D.A.R., será ésta la solución adoptada.

### 5.1.3 DECANTADOR CIRCULAR

Los decantadores circulares (Figura 5.3.) consisten en una cuba normalmente construida en hormigón, en la cual la alimentación se efectúa generalmente en la zona central del decantador, en el interior de la cámara distribuidora, diseñada para distribuir el flujo uniformemente en todas direcciones. Suele tener un diámetro comprendido entre el 15 y el 20% de diámetro total del tanque, con una profundidad que varía entre 1 y 2,5 m.

El agua se desplaza desde la cámara distribuidora hasta la región perimetral de desagüe dotada de deflectores, con objeto de minimizar las turbulencias y con ellas el arrastre de sedimentos, sustancias flotantes, grasas y espumas. La nivelación del sistema de desagüe es fundamental para el proceso de clarificación. Por otra parte para no provocar levantamiento de los fangos sedimentados, la relación del caudal afluente a la longitud total de vertido debe ser menor de  $10-12 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$



Figura 5.3.- Decantador circular

Los elementos fundamentales de todo decantador son:

- **Arqueta de reparto**

Cuando la instalación consta de varias unidades, se acostumbrará a disponer los tanques en grupos de dos o cuatro unidades. El caudal se divide entre los diferentes tanques mediante una arqueta de reparto situada entre ellos.

- **Puente decantador**

Es un puente que gira radialmente (Figura 5.4), lentamente ( $v < 120$  m/h) con objeto de no crear turbulencias en su desplazamiento y puede tener dos o cuatro brazos equipados con rascadores de fondo para la eliminación de sólidos sedimentados y rasquetas superficiales para la eliminación de espumas. (Figura 5.5)



**Figura 5.4.-** Puente decantador.



**Figura 5.5.-** Rasquetas superficiales

Colgando del mencionado puente decantador, se encuentran las barrederas de fondo (Figura 5.6) encargadas de impulsar los sedimentos depositados hacia el colector central, de donde son bombeados y extraídos del sedimentador.



**Figura 5.6.-** Barrera superficial

- **Vertedero de salida**

Su nivelación es muy importante para el funcionamiento correcto de la clarificación. Por otro lado para no provocar levantamiento de los fangos sedimentados, la relación del caudal afluente a la longitud total de vertido debe ser menor de  $10-12 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{m}$ .

El puente radial, así como todos los mecanismos que conlleva se construyen en acero al carbono, protegidas sus superficies sumergidas mediante pintura epoxi bituminosas. En algunos casos se pueden ver equipos con las mencionadas partes sumergidas en acero al carbono galvanizado.

La solera del fondo, tiene una pendiente hacia el centro para facilitar el desplazamiento de los fangos a la poceta central de fangos mencionada con anterioridad.

El vertedero periférico suele ser de aluminio, con forma de dientes de sierra y estar protegido por una placa deflectora que evite la fuga de los flotables.

Existen en el mercado equipos de purga continua mediante extracción de los lodos a lo largo de las rasquetas. Estos equipos solo se utilizan en decantadores secundarios y de diámetro elevado.

Igualmente existen equipos con tracción central, siendo de precio considerablemente superior a los de tracción periférica.

Los decantadores circulares de tracción periférica son los utilizados de forma habitual, tanto en depuradoras de aguas residuales industriales como urbanas.

El diagrama seguido en esta fase es el indicado en la (Figura 5.7.).

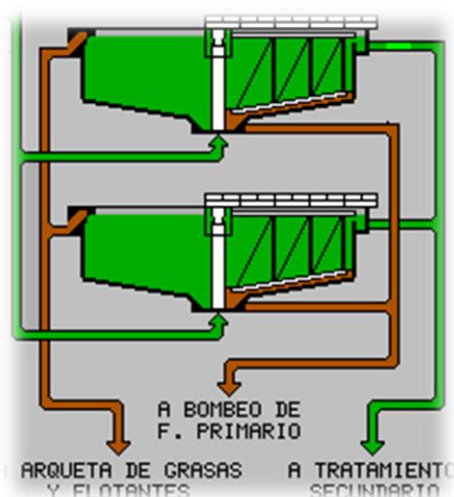


Figura 5.7. - Esquema del proceso

#### 5.1.4 NORMAS GENERALES DE DISEÑO EN DECANTADORES CIRCULARES

- Los tanques circulares normalizados por la mayor parte de los fabricantes oscilan entre 5 y 60 m de diámetro, aunque en la práctica no aconsejable equipos con diámetros superiores a 40-50 m.

- La pendiente de la solera del fondo es de 1:10 a 1:12, siendo definida por el fabricante del equipo.
- El diámetro de la campana central está comprendido entre el 10 y el 15% del diámetro del decantador.
- La altura de la campana central varía entre el 30 y el 60% de la altura del decantador.
- Velocidad periférica máxima de las rasquetas en decantadores primarios se encuentra entre 100-120 m/h.
- La altura útil de estos equipos varía entre 2,5 y 4,0 m.
- En el caso de que en el cálculo, las dimensiones obtenidas fuesen elevadas, se utilizaran unidades múltiples.

#### **5.1.5 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO**

En este proyecto se ha optado por la opción de la decantación, (utilizando para ello un decantador circular) ya que es el proceso que consigue un mayor grado de depuración y salida de agua clarificada, además de que es el procedimiento más conveniente según el tratamiento de fangos especialmente si se trata de tratamiento biológico por lechos bacterianos adoptado en la depuración y la salida del fango.

La eficiencia de los equipos y el rendimiento del proceso vienen determinados por una serie de factores, siendo necesario para su diseño tenerlos en consideración con objeto de obtener un rendimiento óptimo de la instalación.

Los factores a tener en cuenta en el diseño son entre otros los siguientes:

- Caudal máximo y medio de alimentación a la unidad.
- Carga hidráulica ( $m^3/m^2 \cdot h$ ).

- Carga sobre vertedero ( $\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{h}$ ).
- Tiempo de residencia hidráulico (h).

Cada uno de estos parámetros hay que determinarlo experimentalmente, mediante ensayos de laboratorio o bien recurrir a datos bibliográficos, o experiencia del diseñador.

A su vez la velocidad de decantación, parámetro crítico en el diseño, va a venir condicionada entre otros por los siguientes factores:

- Densidad de la partícula.
- Tamaño de la partícula.
- Temperatura del agua. A menor temperatura mayor viscosidad del agua y en consecuencia mayor fuerza de rozamiento a su caída.
- Interacciones entre las partículas cuando su concentración es elevada.

Los ensayos de laboratorio normalmente utilizados son en probeta y en columna.

Para el diseño habrá que considerar los siguientes valores ya que se trata de un agua urbana y hay mucha información disponible sobre los datos a utilizar:

- Carga hidráulica:  $1,25 - 2,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ . ( $Q_{\text{med}}-Q_{\text{max}}$ )
- Tiempo de retención a  $Q_{\text{máx}}$ :  $1,5 - 2,5 \text{ h}$ . ( $Q_{\text{med}}-Q_{\text{max}}$ )
- Carga sobre vertedero:  $< 20 \text{ m}^3/\text{m}\cdot\text{h}$ . ( $Q_{\text{med}}-Q_{\text{max}}$ )

Se dispondrá de dos decantadores primarios en este caso. Por tanto los caudales a considerar serán la mitad de los considerados en anteriores etapas del prediseño.



El dimensionado de estos equipos parte de la carga hidráulica a caudales medio y máximo determinados experimentalmente, de la bibliografía o bien de la experiencia del diseñador y de los tiempos de retención.

La superficie de un decantador será:

$$S(m^2) = \frac{Q(m^3/h)}{CH(m/h)}$$

Esta determinación deberá realizarse para el caudal medio y máximo, con los parámetros de diseño indicados anteriormente si se trata de aguas urbanas. De las dos superficies determinadas, se adoptará la mayor.

Para caudal máximo:

$$S = 978 (m^3/h) / 2,5 (m/h) = 391,2 m^2$$

Para caudal medio:

$$S = 584 (m^3/h) / 1,25 (m/h) = 467,2 m^2$$

Como ya se mencionó, se dispondrá de dos líneas, por lo que serán necesarios dos decantadores de superficie:

$$S = 468 / 2 = 234 m^2$$

A partir de la superficie, se determina el diámetro, que es la forma habitual de definir los decantadores.

$$S = \pi \times D^2 / 4 \rightarrow D \approx 17,26 m$$

Se toma  $D_{comercial} = 17,5 m$ .

Con lo que se dispondrá de dos decantadores con una superficie de 240,5 m<sup>2</sup>.

El volumen del decantador vendrá dado por:

$$Vol (m^3) = Q (m^3/h) \times Tr (h)$$

Al igual que en el caso de la superficie, el volumen se determinará para el caudal medio y máximo, adoptándose el mayor de los volúmenes obtenidos.

Para caudal máximo:

$$Vol = 978 (m^3/h) \times 1,5 (h) = 1.467 m^3$$

Para caudal medio:

$$Vol = 584 (m^3/h) \times 2,5(h) = 1.460 m^3$$

Al igual que en el caso anterior hay que considerar que se dispone de dos equipos, por lo que el volumen de cada uno de ellos será la mitad del obtenido:

$$Vol = 1.460 (m^3) / 2 = 730 m^3$$

La altura de cada equipo será:

$$H (m) = \frac{Vol (m^3)}{S(m^2)}$$

Sustituyendo valores en la expresión anterior, se obtiene:

$$H = 730 (m^3) / 240,5 (m^2) = 3,03 m$$

Finalmente, se comprueba el valor de la carga sobre vertedero:

$$CV = Q_{m\acute{a}x} / \text{Perímetro} = 978 / (2 \times \pi \times 17,5) = 8'89 m^3/h \cdot m.$$

Valor inferior a los 20 m<sup>3</sup>/h·m límite establecidos.

### 5.1.6 RESIDUOS GENERADOS

La cantidad y concentración de los fangos purgados de un sistema de decantación va a depender, entre otros de los siguientes factores:

- Composición de los sólidos en suspensión presentes en el agua residual, que va a determinar su densidad.
- Tamaño de las partículas a eliminar.
- Cantidad de sólidos en suspensión presentes.
- Temperatura del agua.
- Tipo y diseño de los equipos utilizados.
- Parámetros de diseño utilizados.
- En un agua residual de tipo urbano, la concentración de los fangos obtenidos en los decantadores primarios varía entre el 1,5 y el 2,5%, siendo estas concentraciones considerablemente menores en los decantadores secundarios.

$$Q_{dec.primaria} = \frac{SS (kg_{fangos}/hab \cdot d) \times Población \times (2/3) \times \frac{100 kg_{agua}}{2kg_{fangos}}}{\rho_{agua} (kg/m^3)}$$

$$Q_{dec.primaria} = 168 \text{ m}^3 / \text{d} \text{ (al 2\%)}$$

$$G_{dec.primaria} = SS (kg_{fangos}/hab \cdot d) \times Población \times (2/3)$$

$$G_{dec.primaria} = 3.360 \text{ kg/d}$$



***TRATAMIENTO  
BIOLÓGICO***



## 6. INTRODUCCIÓN

Una segunda parte importante en el proceso de depuración es la eliminación de la suciedad que el agua tiene disuelta o en suspensión. Adicionalmente se consigue el atrapamiento de sólidos coloidales y en suspensión.

El tratamiento biológico se encarga de favorecer el crecimiento de bacterias y otros organismos propios del agua (principalmente protozoos) que se alimenta de la materia orgánica. Se mantienen en un depósito llamado reactor biológico.

Estos microorganismos (de tamaño microscópico), para poder asimilar la materia orgánica, necesitan una cantidad importante de oxígeno, que generalmente se añade por medio de una inyección de aire en el reactor biológico. El aire se suele añadir mediante la agitación mecánica y superficial del agua con una serie de turbinas ó otros rotores. En otros casos, a través de unos difusores sumergidos que reciben el aire de motores impulsores muy potentes (sopladores).

Consta de dos elementos fundamentales:

- Reactor (o balsa) biológico.
- Decantador/es secundario/s
  - Recirculación interna y externa (de fango entre el decantador y el reactor).

### 6.1 FANGOS ACTIVOS Y FILTROS PERCOLADORES (LECHOS BACTERIANOS)

Los dos métodos principales del proceso biológico son el de fangos activos y el de lechos bacterianos.

- **Fangos activos**

El sistema de fangos activos se basa en un proceso biológico heterotrófico aeróbico (con necesidad de una fuente de carbono y nitrógeno orgánicos). La transformación de la materia orgánica en una masa insoluble (fangos) requiere energía, que se obtiene de la oxidación de la misma materia orgánica del agua residual.

En el fango del tanque de aireación también contiene hongos y un gran número de pequeños protozoos ciliados, que ayudan a metabolizar la materia orgánica presente en el agua residual y que al mismo tiempo sirven para mantener las poblaciones de protozoos depredadores de bacterias (esencialmente ciliados y amebas) y ciertas especies de animales pluricelulares (nematodos y rotíferos).

- **Lechos Bacterianos**

Es un sistema de depuración biológica de aguas residuales en el que la oxidación se produce al hacer circular, a través de un medio poroso, aire y agua residual. La circulación del aire se realiza de forma natural o forzada, generalmente a contracorriente del agua.

La materia orgánica y sustancias contaminantes del agua son degradadas en una película biológica compuesta por microorganismos, que se desarrollan alrededor de los elementos constitutivos de la masa porosa que son el material soporte de la película.

Esta película no debe tener más de 3 mm. de espesor ya que no se puede asegurar la acción del oxígeno en espesores mayores. La película se forma por adherencia de los microorganismos al material soporte y a las partículas orgánicas.

Los rendimientos de depuración de este sistema son altos, cercanos al 90%, tanto en eliminación de DBO<sub>5</sub>, como en SST, DQO, nitrógeno amoniacal y microorganismos patógenos (Coliformes Fecales).

## **6.2 FILTROS PERCOLADORES (LECHOS BACTERIANOS)**

El sistema de tratamiento biológico mediante filtros percoladores, de desarrollo anterior al de lodos activos, se basa en el proceso que tiene lugar en la naturaleza, consistente en el crecimiento de microorganismos sobre la superficie de rocas presentes en las orillas de los cauces, que llevan a cabo procesos de autodepuración de las aguas.



A este proceso también se le conoce con los nombres de filtros biológicos o lechos bacterianos. El primer equipo de este tipo se instaló en 1893, siendo en la planta de Reading (EEUU), donde se utilizaron por primera vez en aguas residuales urbanas. Este es un proceso de tipo biológico aerobio.

La base fundamental de los filtros percoladores consiste en, disponer de una superficie elevada, de tal forma que la masa de microorganismos que se desarrolle sobre la misma sea muy importante, y en consecuencia disponer de una alta capacidad de eliminación de materia orgánica biodegradable.

Un filtro percolador, básicamente se compone de un tanque o recipiente en el cual se encuentra el relleno apropiado y sobre el que se riega con el agua residual, formándose una fina lámina de agua al caer a través del mismo.

Sobre la superficie del relleno, se desarrolla una película de biomasa, que captura la materia orgánica disuelta en el agua a su paso. El oxígeno preciso para el proceso es captado por la biomasa del existente en los huecos que quedan entre el relleno.

Un factor muy importante a tener en cuenta en este proceso es el bajo consumo energético, frente a los fangos activos en cualquiera de sus variantes, ya que el paso de aire a través del filtro, es un movimiento de convección, basado en la diferencia de temperatura entre el aire atmosférico y el agua residual.

En la actualidad y sobre todo con rellenos de material plástico, y de elevados volúmenes se suele utilizar circulación forzada de aire, mediante la instalación de soplantes.

### **6.2.1 OBJETIVOS DEL PROCESO Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO**

El objetivo fundamental de este proceso al igual que del resto de los procesos biológicos, es la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en un agua residual, ya sea de tipo urbana o industrial, a través de un proceso de biodegradación de tipo aerobio.

La no eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en un agua residual, va a tener como consecuencia un consumo del oxígeno

disuelto en el receptor, pudiendo llegar a la desaparición de este elemento y en consecuencia, cualquier forma de vida.

La misión fundamental es la protección de los cauces receptores, mediante la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual.

Un filtro percolador, independientemente de cual sea su relleno, consiste en un recipiente en el cual se encuentra dicho material. El agua residual se distribuye (riega) por la parte superior del relleno mediante un mecanismo giratorio o mediante boquillas fijas.

El agua residual regada sobre toda la superficie del filtro percolador, forma en su caída una fina lámina de agua sobre la superficie del relleno, generándose una delgada capa de biomasa adherida al mismo.

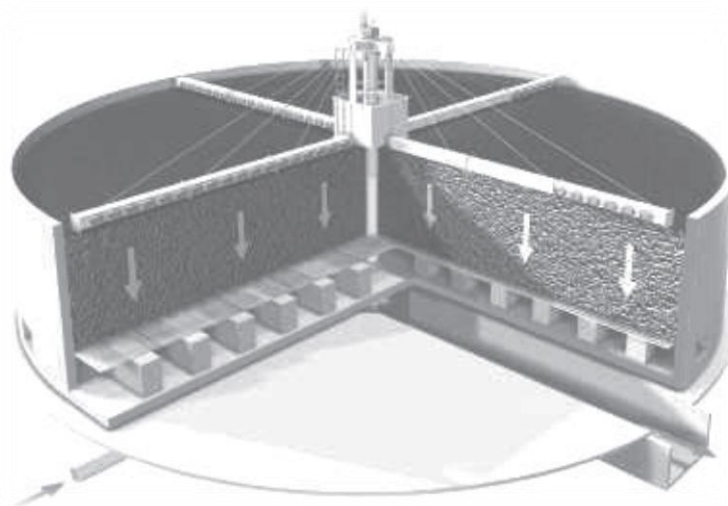
La capa de biomasa producida sobre la superficie del relleno, capta de la lámina de agua la materia orgánica biodegradable que precise, para llevar a cabo los procesos biológicos de síntesis y oxidación.

El oxígeno necesario para el proceso lo obtiene la biomasa del aire que circula a través de los huecos dejados por el relleno.

El aire a través del filtro circula por corrientes de convección, basadas en la diferencia de temperatura entre el agua residual y el aire atmosférico.

En la actualidad y fundamentalmente en filtros de relleno plástico de gran tamaño, se utiliza circulación forzada de aire, suministrada mediante soplantes, con lo que se obvia la problemática de bajas velocidades del aire y en consecuencia su renovación del filtro.

Los filtros están provistos de un falso fondo, que actúa como drenaje en la parte inferior para recoger el agua depurada, la biomasa desprendida y permitir el paso del aire requerido para el proceso.



**Figura 6.1.** - Sección de un filtro biológico.

A medida que la biomasa va biodegradando la materia orgánica, se van formando sucesivas capas concéntricas de microorganismos a través de los mecanismos de síntesis, de tal forma que cuando la película aumenta de espesor, la materia orgánica adsorbida es degradada antes de que pueda alcanzar los microorganismos situados en las capas más profundas, cerca de la superficie del medio filtrante.

La consecuencia de no disponer de fuente de alimentación conlleva que los microorganismos autoconsumen su propio protoplasma celular, muriendo y en consecuencia perdiendo su capacidad de adherirse a la superficie del relleno, lo que da lugar a su desprendimiento y que el agua a su paso a través del relleno arrastre la película y comienza el crecimiento de otra nueva.

El espesor de la capa activa varía entre 1 y 3 mm.

Los sólidos o biomasa desprendidos del filtro y arrastrados por el agua en su caída, precisan de la instalación de un decantador secundario para su separación del agua tratada. Estos fangos decantados son enviados a tratamiento de lodos.

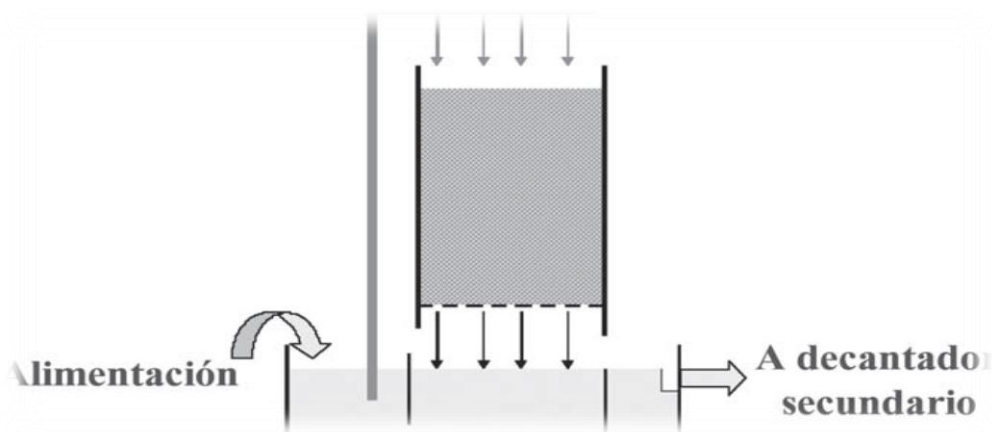


Figura 6.2.- Esquema de un filtro biológico.

### 6.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS RELLENOS

El relleno ideal para un proceso de este tipo, es un material que sea:

- Lo más uniforme posible, con el fin de que la distribución de agua sea homogénea en toda la unidad.
- Con una elevada superficie por unidad de volumen, lo que conlleva el soportar una elevada población de microorganismos y en consecuencia una capacidad elevada de eliminación de materia orgánica biodegradable.
- Económico.
- Duradero.
- Disponga de mucho volumen hueco, con el fin de que el aire circule con facilidad.

Las dos características más importantes que deben reunir los rellenos son:

- Superficie específica, que viene indicada en  $m^2$  de superficie por  $m^3$  de relleno.

A medida que aumenta el valor de la superficie específica, se incrementa la biomasa por unidad de volumen y, en consecuencia aumenta su capacidad de eliminación de materia orgánica biodegradable.

Para rellenos de piedra la superficie específica varía de 80-110  $\text{m}^2/\text{m}^3$ , dependiendo del diámetro de la piedra.

Este valor oscila entre 150 y 250  $\text{m}^2/\text{m}^3$  en el caso de rellenos plásticos, dependiendo de su diseño.

- Porcentaje de huecos o espacios libres para circulación de aire y agua.

A medida que aumenta el porcentaje de huecos, mayor facilidad hay para el paso del aire a través del relleno y en consecuencia mayor cantidad de oxígeno disponible, elemento fundamental para el proceso al tratarse de un sistema de tipo aerobio.

En los rellenos de piedra este porcentaje es del 40-45% dependiendo del diámetro de la piedra, mientras que en los sintéticos varía entre el 85 y 95%.

Dentro de los filtros percoladores, pueden distinguirse dos grandes grupos en función del material de relleno utilizado:

- Relleno piedra.
- Relleno plástico.

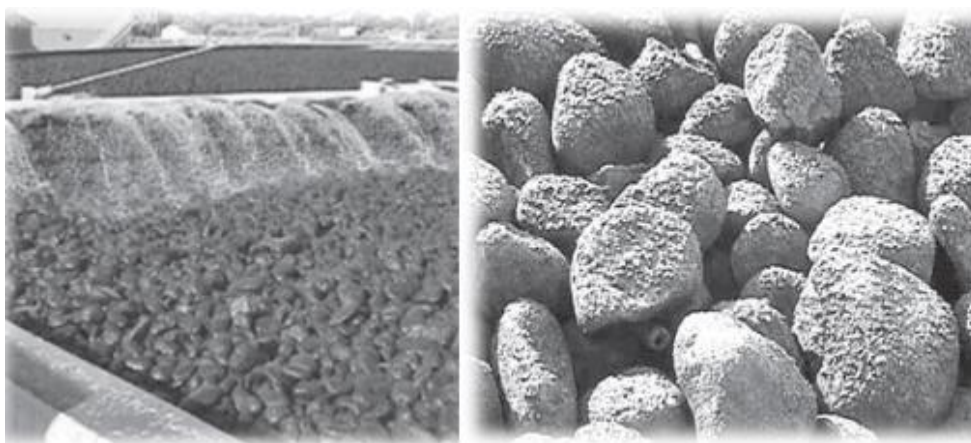
#### **6.2.2.1 RELLENO DE PIEDRA**

En los filtros percoladores convencionales el relleno consiste generalmente en piedra mientras que en los filtros modernos el relleno está constituido por elementos o piezas de material plástico.

El material clásico más utilizado suele ser grava o piedra triturada de tamaño uniforme, generalmente de 5,0 a 10 cm. A la hora de fijar un relleno de este tipo hay que asegurar la uniformidad del mismo, con el fin de conseguir una buena distribución del agua en el equipo así como un paso del aire adecuado.

La utilización de rellenos de menor tamaño, conlleva que los espacios libres sean muy pequeños, con lo que la circulación del agua y el aire se ve dificultada, pudiendo llegar los sólidos a obturar el filtro, teniendo la ventaja de una gran superficie específica.

El empleo de piedra de diámetro elevado evita los problemas indicados con anterioridad, teniendo el agravante de que la superficie disponible es baja y en consecuencia la cantidad de biomasa que soporta el sistema, lo que conlleva una baja capacidad de tratamiento.



**Figura 6.3.-** Rellenos de piedra

#### **6.2.2.2 RELLENO DE MATERIAL PLÁSTICO**

En la actualidad los lechos son de material plástico, de formas regulares, con gran espacio libre, rígidos y ligeros.

Con el fin de solventar los problemas que presentan los filtros de piedra, se han desarrollado un conjunto de rellenos de material plástico, que aúnan como características más importantes.

- Poco peso, lo que permite realizar filtros de altura elevada y en consecuencia con unos requerimientos de superficie reducida ( $35\text{-}45\text{ kg/m}^3$ ). Debido al poco peso, a pesar de realizarlos más altos, la estructura soporte es mucho más liviana que en los de relleno de piedra.
- Gran superficie por unidad de volumen, lo que presupone poder disponer de una población de biomasa importante, lo que lleva consigo una capacidad de eliminación de materia orgánica muy superior al relleno convencional.
- Gran espacio libre, permitiendo el paso de aire con gran facilidad, a la vez que evitan colmataciones por biomasa desprendida.

Por lo indicado anteriormente, el relleno plástico tiene grandes ventajas sobre el relleno de piedra, siendo su principal problema el alto precio de estos productos en el mercado.

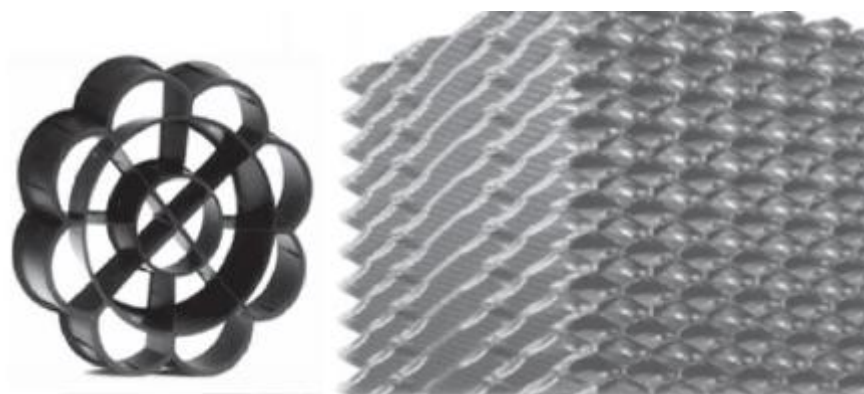


Figura 6.4.- Rellenos de plástico

Las mayores ventajas de los filtros percoladores de relleno plástico estriban en:

- Eliminar una mayor cantidad de DBO por unidad de volumen del medio filtrante que los rellenos de piedra, al disponer de gran superficie.

- Asegurar un funcionamiento continuo, incluso en situaciones de cargas instantáneas considerables, al disponer de un gran porcentaje de huecos y en consecuencia de las cantidades de oxígeno necesarias.
- Integrarse en un espacio de terreno reducido, al poderse construir en altura.
- Funcionar con una atención y mantenimiento mínimos.

En la actualidad los filtros de relleno plástico se están utilizando entre otras, en las situaciones siguientes:

- Como un tratamiento previo destinado a eliminar cantidades importantes de DBO en el efluente antes de su paso por los procedimientos biológicos convencionales, en aquellas aguas residuales con alta concentración de DBO.
- Para reducir la carga de DBO en plantas municipales o industriales ya existentes, y que por crecimiento de la población o de la contaminación se encuentran con cargas superiores a la diseñada.
- Como forma económica para aumentar la capacidad de una planta de tratamiento ya existente.
- Como tratamiento biológico único en la eliminación de materia orgánica biodegradable.

### **6.2.3 NORMAS GENERALES DE DISEÑO**

- Los filtros con relleno piedra suelen tener una altura media de 1,0 m variando entre 0,8 y 1,5 m, siendo la construcción de la cuba en hormigón.



- El diámetro máximo de los filtros es de 30 - 35 m. No debiéndose hacer mayores por los problemas mecánicos que pueden tener los brazos de distribución del agua residual.
- Los filtros con relleno plástico suelen ser de una altura entre 6 y 8 m (este valor será dado por el fabricante del relleno). Debido al poco peso del relleno, los recipientes pueden ser de chapa metálica.
- En caso de que se utilice aireación forzada mediante soplantes, las necesidades de aire varían de 0,3 a 0,6 m<sup>3</sup> aire /m<sup>2</sup>·h
- Es práctica habitual la utilización de recirculación en este tipo de unidades, sobre todo cuando los rendimientos precisos son altos.
- Cuando los rendimientos exigidos a los filtros de relleno plástico son elevados, puede resultar más económico la construcción de dos filtros en serie, de tal forma que el conjunto de los rendimientos de ambas unidades sea el exigido
- En climas muy fríos, los filtros pueden tener problemas por formación de hielo. Debe tenerse muy presente que el filtro debe de tener alimentación constante para que no se seque y en consecuencia se destruya la biomasa, debiendo preverse en el diseño la recirculación de agua en el caso de que no haya alimentación.
- El diseño del decantador secundario a instalar a continuación de un filtro percolador es similar a los decantadores secundarios del proceso de lodos activos.
- Una carga hidráulica media de 1 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> evita el atascamiento del lecho, define una cierta recirculación y además contribuye a mejorar el rendimiento

#### 6.2.4 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO

Para la realización de este proyecto se ha escogido un filtro con relleno plástico, debido a las ventajas que presenta frente a los de relleno de piedra, y que han sido expuestas con anterioridad.

Existen en el mercado numerosos tipos de rellenos fabricados de diferentes materiales plásticos, específicos para su utilización en filtros percoladores, cada uno de ellos con características distintas de los demás, de acuerdo con su diseño y, por consiguiente, con rendimientos específicos que dependen no sólo del tipo de relleno, sino también del tipo de agua residual a depurar.

Los fabricantes de estos materiales, generalmente disponen de unos gráficos, en los cuales vienen indicadas las cargas de DBO aplicadas al filtro (en kg DBO por m<sup>3</sup> relleno y día), en función del rendimiento previsto.

Como no todas las aguas residuales tienen el mismo comportamiento en su biodegradación, los fabricantes suministran diferentes curvas o factores de corrección en función del tipo de agua residual a tratar.

FUENTE	FACTOR		FUENTE	FACTOR	
	DBO<400 (ppm)	DBO>400 (ppm)		DBO<400 (ppm)	DBO>400 (ppm)
Domésticas			Curtido	0,7/0,9	0,7/1,0
20 °C	1,0	1,0	Conservera	1,2	1,3
15 °C	0,85	0,85	Textil	0,7/0,8	0,7/0,8
10 °C	0,72	0,72	Lixiviados	0,7/0,9	0,7/0,9
Láctea	0,9/1,1	1,0/1,2	Papel	0,6/0,8	-
Cervecera	0,7/0,9	0,7/1,0	Pulpa	0,7/0,9	0,8/1,0
Destilería	0,8	1,2/1,3	Química	0,7/1,1	0,8/1,2
Granja	0,7/0,9	0,7/1,0	Refinería	0,8	-

Figura 6.5.- Factores de corrección típicos

Como se ha indicado anteriormente, los fabricantes de los diferentes rellenos, disponen de unas gráficas en las cuales están representados las cargas del filtro (CF) aplicadas frente a los rendimientos de eliminación de materia orgánica biodegradable requeridos.

A partir de la DBO de entrada en el filtro y la exigida en la salida, se determina el rendimiento preciso al filtro percolador.

El rendimiento vendrá dado por:

$$R = 100 - \frac{DBO_{salida}}{DBO_{entrada}}$$

Siendo  $DBO_{salida} = 25$  (valor típico) y  $DBO_{entrada} = 0,66 \times 300 = 201$ , ya que se ha tenido en cuenta que en la decantación primaria se ha eliminado el 33% de la DBO inicial.

$$R = 100 - 25(\text{mg/l(ppm)})/201(\text{mg/l(ppm)}) = 87,5 \%$$

Donde:

R: rendimiento, %

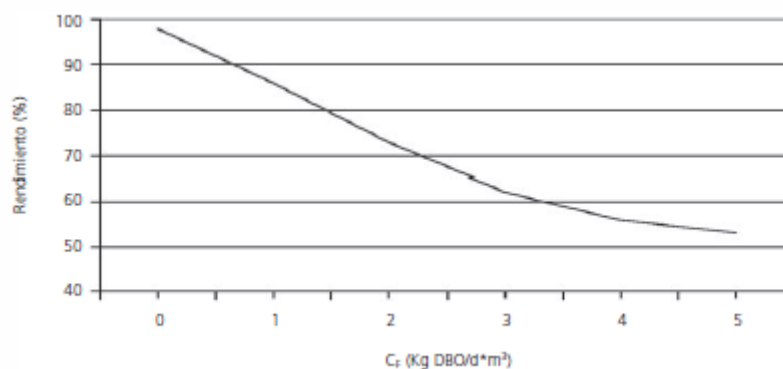


Figura 6.6.- Carga del filtro en función del rendimiento.

Una vez conocido el rendimiento a obtener debe seleccionarse el tipo de relleno a utilizar, con el fin de utilizar las gráficas y factores de corrección específicas del mismo.

En las mencionadas gráficas del fabricante, a partir del rendimiento solicitado al filtro (representado en el eje de las Y), se determina la carga admisible por el filtro (CF). Debe tenerse en cuenta que la gráfica sea adecuada al tipo de agua a tratar o bien introducir los factores de corrección oportunos.

La carga admisible por el filtro viene indicada por:

$$CF = \frac{kgDBO_{alimentación}}{d \times m^3_{relleno}}$$

Donde:

CF: Carga del filtro, kg DBO/m<sup>3</sup>·d

Igualmente se debe aplicar el factor de corrección de temperatura.

Los datos dados por el fabricante, generalmente están determinados a 20°C.

Gráficamente obtenemos un valor de  $C_F = 0,7 \text{ kg DBO} / \text{d} \cdot \text{m}^2$

Una vez conocida la carga del filtro, el volumen de relleno de filtro preciso viene dado por:

$$Vol(m^3) = \frac{kgDBO_{salida}}{CF(kgDBO/m^3 \cdot d)}$$

Siendo:

Vol: volumen, m<sup>3</sup>

CF: carga del filtro, kgDBO/m<sup>3</sup>·d

Conocido el volumen, el siguiente paso es fijar una altura del filtro, (h). Normalmente la altura máxima fijada por los fabricantes es alrededor de 8 m.

$$\text{Vol} = 2.772 \text{ (kg DBO/ d) / } 0,7 \text{ (kg/m}^3 \cdot \text{d)} = 3.960 \text{ kg DBO/kg}\cdot\text{m}^3$$

Debe tenerse en cuenta que a mayor altura (dentro de las permitidas por el fabricante del relleno), menor superficie ocupada, aunque mayor consumo energético para bombear el agua hasta la superficie de la unidad.

A partir del volumen del filtro y de la altura fijada, la superficie del equipo vendrá dada por:

$$S(\text{ m}^2) = \frac{\text{Vol}(\text{ m}^3)}{h(\text{ m})}$$

Donde:

S: superficie del filtro, m<sup>2</sup>

Vol: volumen, m<sup>3</sup>

h: profundidad, m

Elegimos una profundidad de 7 metros ( los parámetros de diseño están entre 6-8 m)

$$S = 3.960 / 7 = 565,71 \text{ m}^2$$

Como se proyectarán dos filtros de relleno plástico, la superficie de cada uno de ellos será:

$$S = 565,71 / 2 = 282,8 \text{ m}^2$$

Al ser de superficie circular:

$$S = \pi \times D^2 / 4$$

de donde se obtiene un diámetro:

$$D \approx 19 \text{ m}$$

y por lo tanto un radio:

$$r \approx 9,5 \text{ m}$$

que está dentro de los parámetros de diseño.

Un factor a considerar es el caudal mínimo de irrigación, o lo que es lo mismo la cantidad mínima de agua por metro cuadrado de superficie del filtro y día.

Este parámetro vendrá dado por:

$$Q_{IR} (m^3/m^2 \cdot d) = \frac{Q_{med} (m^3/h) \times 24}{S (m^2)}$$

Donde  $Q_{ir}$ : caudal de irrigación,  $m^3/d \cdot m^2$

$$Q_{ir} = 292 (m^3/h) \times 24 / 282,8 (m^2) = 24,77 m^3/m^2 \cdot d$$

Dependiendo del fabricante del relleno, el valor mínimo admisible normalmente está comprendido entre 10 y 15  $m^3/m^2 \cdot d$ .

El trabajar con valores inferiores a los recomendados, presupone que el filtro se puede llegar a secar en alguna zona, lo que lleva consigo la destrucción de la biomasa.

### 6.2.5 VENTILACIÓN DEL LECHO

La ausencia de oxígeno en el filtro, da lugar a descomposición vía anaerobia, con la consiguiente generación de malos olores y baja capacidad de tratamiento.

El oxígeno necesario para el proceso lo obtiene la biomasa del aire que circula a través de los huecos dejados por el relleno.

El aire a través del filtro circula por corrientes de convección, basadas en la diferencia de temperatura entre el agua residual y el aire atmosférico. La ventilación puede ser natural o forzada.

En la actualidad y fundamentalmente en filtros de relleno plástico de gran tamaño, se utiliza circulación forzada de aire, suministrada mediante soplantes, con lo que se obvia la problemática de bajas velocidades del aire y en consecuencia su renovación del filtro.

La velocidad de paso del aire viene dada por:

$$V(\text{m/min}) = 0,074 \times T(^{\circ}\text{C}) - 0,14$$

Siendo:

V: velocidad del aire, m/min

T: Temperatura, °C

De la fórmula anterior se deduce que, cuando la temperatura del aire es 6° C superior a la del agua, se produce una corriente de aire ascendente con una velocidad del orden de 18 m/h. Si esta diferencia baja a 2° C no se produce corriente. Si agua y aire están a la misma temperatura, también se produce una corriente ascendente de 9 m/h.

Esta anomalía puede explicarse por las variaciones de la higrometría del aire. Supongamos un lecho bacteriano con una altura de 2,70 m y carga de 1 kg DBO<sub>5</sub>/día/m<sup>3</sup>, y que el consumo de oxígeno sea de 700 g por kg de DBO<sub>5</sub> a tratar. Si admitimos una disminución de oxígeno del 10%, cada m<sup>3</sup> de aire que atravesase el lecho podrá suministrar 28 g de oxígeno.

Una diferencia de 6° C produce una corriente de 18 m/h; una simple diferencia de 0,6° C puede proporcionar una corriente de aire suficiente para obtener el 10% de disminución de la concentración de oxígeno en el aire. Una velocidad del aire de 1 m/s, en los orificios de entrada del lecho, provoca pérdidas de carga inapreciables, no aminorando el caudal. Una velocidad en el lecho de 18 m/h (o 5 mm/s) produce una circulación de oxígeno mucho más importante que la que se necesita para el consumo.

En estas condiciones, las ventanas de ventilación deben tener al menos una superficie total del 5/1.000 de la superficie del lecho bacteriano. Generalmente, sobre todo con un canal de salida con recogida exterior, la

superficie total de las ventanas resulta superior al mínimo requerido. Con bajas temperaturas, inferiores a  $-10^{\circ}\text{C}$ , debe reducirse la circulación del aire con objeto de no enfriar inútilmente el agua residual que atraviesa el lecho bacteriano. Se podrán disminuir las entradas de aire mediante clapetas móviles provisionales.

### 6.2.6 EQUIPOS DE AIREACIÓN

Los sistemas de aireación, son los encargados de introducir el aire (oxígeno) en el reactor con el fin de que el proceso se desarrolle correctamente. Un mal funcionamiento de estos equipos va a suponer la muerte de los microorganismos y en consecuencia su desaparición.

Los sistemas de aireación deben cumplir entre otras las siguientes misiones:

- Aportar el oxígeno preciso para las reacciones de síntesis.
- Aportar el oxígeno preciso para las reacciones de oxidación.
- Aportar el oxígeno preciso para las reacciones de nitrificación, en aquellos procesos en que éstas tengan lugar.
- Mantener una concentración mínima de oxígeno en el reactor.
- Conseguir una agitación lo suficientemente buena en el reactor, para mantener una buena mezcla entre los microorganismos responsables del proceso y el agua residual.
- Capacidad para asimilar las puntas de contaminación que se generen en el agua residual.

Para suministrar el oxígeno preciso al sistema, se utilizan dos tipos de sistemas diferentes, que son:

- Difusión
- Mecánicos



### 6.2.6.1 DIFUSORES

Los difusores utilizados para la aportación de aire a los procesos biológicos pueden dividirse en tres grupos dependiendo del tamaño de las burbujas que se forman:

- Difusores de burbuja gruesa, con un tamaño de burbuja mayor de 6 mm.
- Difusores de burbuja media, de 3 a 6 mm.
- Difusores de burbuja fina, menores de 3 mm.

Siendo el rendimiento de transferencia de oxígeno de estos elementos tanto mayor cuanto más fina sea la burbuja formada, debido a que para la misma cantidad de aire, cuanto más fina sea la burbuja mayor será la superficie agua-aire, aumentando en consecuencia la transferencia de oxígeno al agua.

Un factor que influye de manera determinante en el rendimiento de transferencia de un sistema con difusores es la profundidad del tanque de aeración, ya que:

- A mayores profundidades aumenta la presión de la lámina de agua y en consecuencia aumenta la solubilidad del oxígeno.
- A mayor profundidad, la burbuja tarda más tiempo en alcanzar la superficie, lo que lleva consigo un mayor tiempo de contacto aire-agua y en consecuencia un incremento notable de la cantidad solubilizada.

Así por tanto, la selección de los difusores escogida serán unidades de burbuja fina, y dentro de ésta, se pueden encontrar en forma de:

- Domos.
- Tubos.
- Disco.
- Membrana.

El aire que es capaz de inyectar cada difusor en la balsa varía de unos suministradores a otros, siendo unos valores medios de 1 a 5 m<sup>3</sup> de aire por hora para los de tipo domo, entre 3 y 8 en el caso de las membranas y de 2 a 10 para los tubos.

La selección más óptima para nuestra planta son los difusores tipo domo. Según lo indicado anteriormente, la necesidad de oxígeno es de 0,3-0,6 (m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> · h).

Tomaremos como valor de diseño 0,5 (m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>·h), por lo que la necesidad de oxígeno resultante es 0,5 (m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>·h) × 565,71 (m<sup>2</sup>) = 282,85 m<sup>3</sup>/h.

Para el cálculo del número de difusores, teniendo en cuenta el caudal de aire necesario y que cada difusor tiene una capacidad de 3,5 m<sup>3</sup>/h:

$$n^{\circ} \text{ difusor es} = \frac{Q_{\text{aire}} \text{ (m}^3\text{N/h)}}{\text{capacidad difusor ( m}^3\text{N/h)}}$$

$$n^{\circ} \text{ difusor es} = \frac{282,5(\text{m}^3\text{N/h})}{12 (\text{m}^3\text{N/h})} \approx 23,57$$

Por tanto se necesitarán 24 difusores.

#### 6.2.6.2 SOPLANTES

Se instalan 3 (2 + 1R) soplantes de simple velocidad de 1.365 m<sup>3</sup>N/h/ud a 3,5 m.c.a., una por cada línea de aireación y otra de reserva. Se ha dotado a tres de las soplantes de variador de frecuencia. Así, la variación de caudales tiene lugar de una manera continua, consiguiéndose una regulación adecuada del oxígeno disuelto en las balsas de aireación. Se ha previsto la instalación de cabinas de insonorización para las soplantes.

### 6.2.7 PRODUCCIÓN DE FANGOS EN EXCESO

La cantidad de fangos a purgar, puede determinarse mediante la fórmula empírica de Huisken, que se indica a continuación:

$$G(\text{kg/d}) = 1,2 \times Le \times CM^{0,23}$$

Donde:

G: Fangos a purgar, kg/d

Le: DBO eliminada en el proceso, kg/ d

CM: carga másica, kg/kg · d

El volumen de fangos a purgar puede obtenerse a partir de los sólidos a purgar y concentración de los mismos, que varía entre 0,8 y 0,6%, dependiendo del tipo de proceso utilizado.

- Determinación de la carga másica

La relación existente entre la carga másica y el rendimiento del proceso en aguas tipo urbano o similares viene reflejado en la figura siguiente.

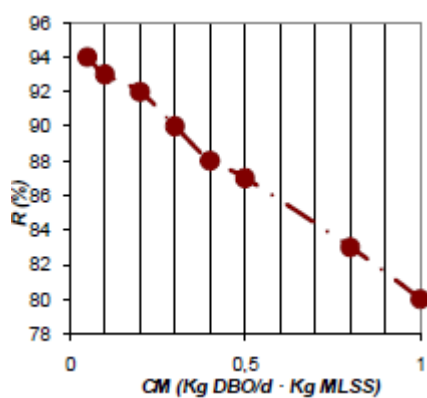


Figura 6.7.- Carga másica en función del rendimiento

Con este valor, se obtendría una CM de  $\approx 0,4$  kg DBO/d· kgMLSS, siendo MLSS la concentración en ppm de los sólidos en suspensión presentes en el licor mezcla en el reactor biológico.

El porcentaje de DBO<sub>5</sub> eliminada en un proceso de lechos bacterianos con relleno de material plástico se cifra entorno al 50%.

Por tanto  $Le = 1.386$  kg/d.

$$G_{\text{fangos reactor}} = 1,2 \times (Le \times R) \times (0,4)^{0,23} = 1.178,76 \text{ kg/d.}$$

El volumen de fangos a purgar puede obtenerse a partir de los sólidos a purgar y concentración de los mismos, que es aproximadamente 0,6 %. Por lo tanto la cantidad de fangos diaria se calcula:

$$Q_{\text{fangos reactor}} = \frac{G \text{ (kg}_{\text{fangos}}/\text{hab} \cdot \text{d}) \times \frac{100 \text{ kg}_{\text{agua}}}{0.6 \text{ kg}_{\text{fangos}}}}{\rho_{\text{agua}} \text{ (kg/m}^3 \text{ )}}$$

$$Q_{\text{fangos reactor}} = 196,46 \text{ m}^3/\text{d (al 0,6\%)}$$

### 6.2.8 RECIRCULACIÓN DE FANGOS

La recirculación permite obtener, adicionándose al caudal que atraviesa la planta, la carga hidráulica suficiente para producir la autolimpieza, es decir, de 0,8 a 1,0 m/h para los materiales clásicos. Realiza igualmente una siembra en la superficie, y contribuye a la homogeneidad del filtro. Como ya hemos dicho, la disminución de concentración en DBO, por efecto de la dilución, baja el espesor de la biopelícula y reduce los riesgos de atascamiento.

Nos limitaremos a describir los tres principales:

- Circuito A

Los fangos depositados en el fondo del decantador secundario, diluidos por el caudal de recirculación, se bombean a cabeza del decantador primario.

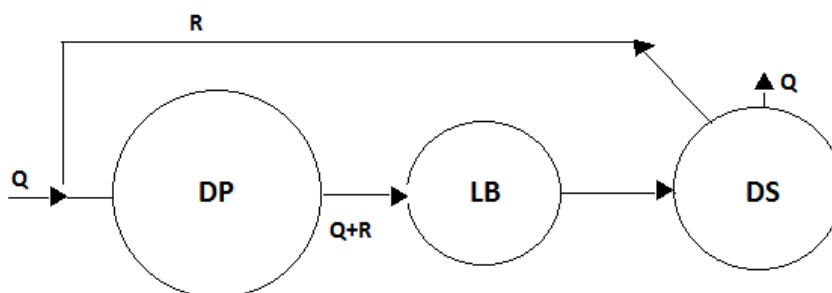
- Circuito B

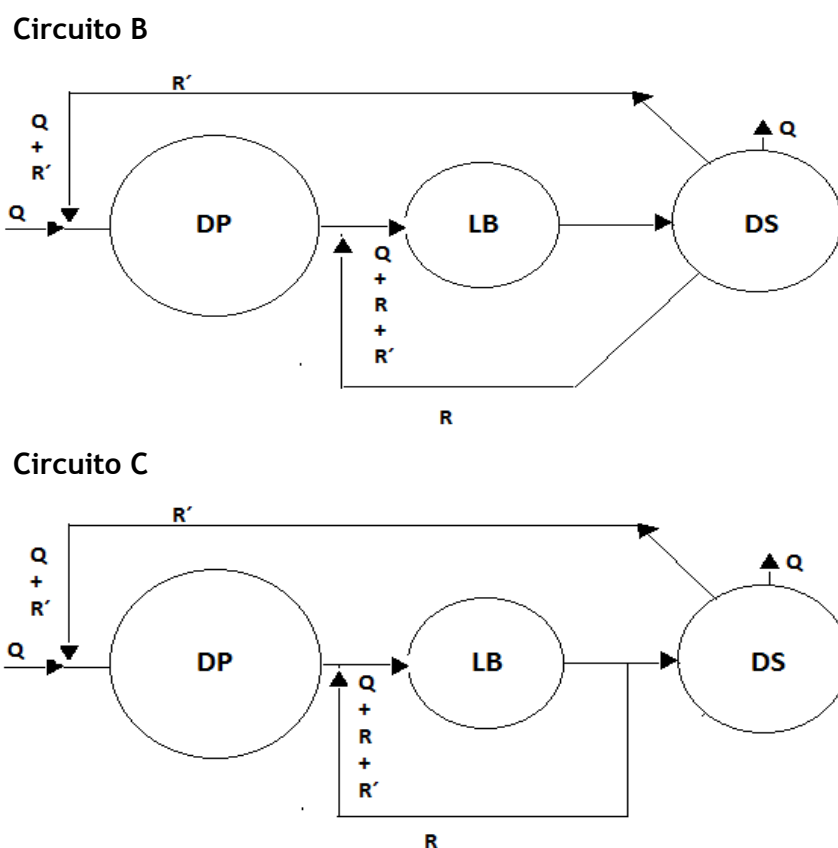
Las aguas depuradas, que salen del decantador secundario, se recirculan en parte y, a continuación, se mezclan con las aguas decantadas para alimentar el lecho bacteriano; los fangos del decantador secundario se envían a cabeza del decantador primario.

- Circuito C

Una parte del licor, que sale del lecho bacteriano, se mezcla con las aguas decantadas para alimentar el mismo lecho; los fangos del decantador secundario se envían también a cabeza del decantador primario. El circuito C proporciona mejores resultados que los circuitos A y B, y además es más económico en el sentido de inversión; en efecto, no obliga a sobredimensionar algunos decantadores para tener en cuenta el caudal suplementario de recirculación, como en el caso del decantador primario en el circuito A, o del secundario en el circuito B. Debemos tener en cuenta que el caudal  $R'$ , de recirculación de fangos (o secundario), representa sólo un pequeño porcentaje de la recirculación principal del licor  $R$ .

**Circuito A**





$$R' = 2 \text{ a } 3 \% \text{ de } Q. \text{ y } R = 50 \text{ a } 300\% \text{ de } Q.$$

Figura 6.8.- Diferentes circuitos de recirculación

Adoptaremos el circuito B por su sencillez y economía.

- Caudal de recirculación

Con aguas residuales industriales y material plástico Con materiales plásticos, las condiciones de carga hidráulica son las que imponen la recirculación. En efecto, al contrario que los lechos bacterianos de relleno natural, en este caso es posible jugar con la altura del lecho (de 3 a 12 m), ya que el aumento de diámetro sólo tiene una pequeña influencia en el precio. Las cargas hidráulicas dependen del material, y son aconsejadas por los fabricantes, aunque éstos, debido a la fuerte competencia de los últimos años, proponen cargas límites, algunas veces demasiado escasas, con el fin de reducir los consumos de energía.

Debemos ser prudentes si se postulan cargas inferiores a  $2 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Para este proyecto se ha optado por recircular el 50% (98,23 m<sup>3</sup>/h) de los fangos purgados al filtro de lechos bacterianos mientras que el resto será recirculado al espesador. Para esta operación se instalarán 3 (2+1R) bombas sumergibles de 25 m<sup>3</sup>/h/ud, con un tiempo de funcionamiento máximo de 8 h situadas a la salida del decantador secundario.

### 6.2.9 RECOGIDA DEL AGUA

La recogida de agua residual tratada se efectúa por medio de un dispositivo de drenaje en el fondo del lecho bacteriano. Este sistema contará con un sistema de canales de recogida, con la característica fundamental de que no deben existir sedimentaciones, ya que el agua residual lleva los flóculos que sedimentarán en el decantador secundario.

Para ello la pendiente será del 1% ó 2%, y la sección no irá nunca llena, ya que deberá servir también como canal de aireación. Una recomendación de diseño marca que, la zona de salida al falso fondo de agua y aire, sea el 15 ó 20% la superficie total del filtro.

### 6.2.10 PROBLEMAS DE LOS LECHOS BACTERIANOS

- Puesta en marcha

En la puesta en marcha se precisan más de ocho días para formar la película biológica.

Las causas pueden ser:

- Insuficiencia de carga orgánica. Para paliar el efecto, se puede reducir la recirculación.
- Vertidos industriales que modifiquen el pH e inhiban el crecimiento microbiano. Debe corregirse el pH, por ejemplo con cal, y en todo caso evitar que se sigan produciendo dicho tipo de vertidos.

- Desaparición de la película biológica de una forma brusca

La causa será un vertido ácido o tóxico puntual. El remedio a aplicar será un lavado energético del lecho, y volver a iniciar el ciclo.

- Encharcamiento de la superficie

Las causas pueden ser:

- Mala granulometría del medio poroso. Se hace inevitable su sustitución.
- Excesiva carga orgánica. Para paliar el efecto sólo queda el remedio de no tratar todo el caudal, o de aumentar la recirculación.
- Poca efectividad en la eliminación de fangos en el decantador primario.
- Excesiva cantidad de biomasa en el interior y la superficie del lecho.

Para evitarla, se suele recurrir a dorar las aguas antes de la entrada, para producir la muerte de parte de la biomasa, y un lavado energético para su retirada. En un caso extremo se para el filtro y se deja secar.

- Olores

La causa es la entrada en funcionamiento preferente de las bacterias anaerobias o facultativas por falta de aireación. La solución sería aumentar la aireación, pero como es imposible ya que depende factores climatológicos que influyen en la temperatura del agua y del aire, se recurre a aumentar la recirculación o cloración, con riesgo de eliminar la biomasa.

- Moscas en el lecho

La proliferación de moscas *Psychoda* en las sombras, se debe a un excesivo crecimiento del número de sus larvas en el interior del lecho. La vida de esta mosca es de 5 a 7 días dependiendo de la temperatura.



Una solución para eliminarlas es inundar la superficie del lecho, disminuyendo el intervalo de pasada de brazos de riego, con lo cual se evita la salida de la mosca, y en todo caso procediendo a eliminarlas con insecticida.

- Formación de espumas en canaletas de recogida

La causa fundamental es la presencia de elementos tenso-activos (detergentes) no biodegradables. Se agrava el problema en el caso de aguas muy alcalinas, o con la introducción de vertidos en condiciones anaeróbicas. Para la eliminación de espumas se recurre a instalar pulverizadores de agua a presión, en las zonas de acumulación, o también a la utilización de productos antiespumantes, vertidos antes del paso del agua por el lecho bacteriano. Esta última solución, al igual que la anterior, no elimina la causa y además introduce un producto nuevo que puede ser incrementar la microcontaminación.

- Formación de hielo en el lecho

Las bajas temperaturas del aire ambiente pueden llegar a helar el lecho. Un período continuado de días a menos de cinco grados bajo cero pueden llegar a inutilizarlo. A temperaturas mayores, una forma de evitarlo es cerrar parcialmente la entrada de aire frío con lo cual se puede mantener a la temperatura del agua residual. Hay que dejar siempre por lo menos una abertura que sea equivalente al 1% de la sección del lecho.

### **6.3 ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO**

El tratamiento biológico convencional de aguas residuales urbanas está dirigido habitualmente a la biodegradación de la materia orgánica. Sin embargo en algunos casos se requiere que la concentración de nitrógeno amoniacal en el cauce receptor sea baja para proteger la vida piscícola que es sensible al posible amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) que se puede producir a pH algo alcalino. Para conseguir la eliminación de nitrógeno

amoniacal se requiere la regeneración en el procesos biológico de microorganismos específicos dando lugar a los procesos de nitrificación.

PARÁMETROS	CONCENTRACIÓN	PORCENTAJE MÍNIMO DE REDUCCIÓN
Nitrógeno total (NTK+N-NO <sub>3</sub> )	2 mgP/l (de 10.000 a 100.000 hab-eq)	70-80
	1 mgP/l (más de 100.00 hab-eq)	

Figura 6.9.- Concentraciones máximas de N

Debido al corto tiempo de residencia del agua residual en los lechos bacterianos, la amonificación, es decir, la transformación del nitrógeno orgánico en nitrógeno amoniacal, no puede completarse, quedando limitada al 20 ó 40%. La primera consecuencia es que no se puede ofrecer una garantía sobre la concentración máxima en NTK del agua depurada, sino únicamente sobre la concentración en NH<sub>3</sub>. La segunda consecuencia es que, para el cálculo de la carga en NH<sub>3</sub> del lecho bacteriano, no se puede razonar solamente con su concentración de entrada. Hay que añadir la parte, difícil de estimar, del nitrógeno orgánico que se amonificará. A priori, podemos estimar esta fracción en un 20%, y si la temperatura es alta, 20° C o más, podemos subir hasta un 40%. El rendimiento de nitrificación no se calcula en función de N-NH<sub>4</sub> entrada y N-NO<sub>3</sub> salida; hay que tener en cuenta la amonificación:

$$\text{N-NO}_3 \text{ salida} / \text{N-NH}_4 \text{ salida} + \text{N-NO}_3 \text{ salida}$$

- Nitrificación en una sola etapa

Cumpléndose la condición de que la relación N-NH<sub>4</sub>/DBO<sub>5</sub> sea inferior a 0,25, la carga volumétrica es el parámetro a tener en cuenta. En la competición entre las bacterias nitrificantes autótrofas y las heterótrofas, que eliminan la contaminación carbonada, son estas últimas las vencedoras, con gran diferencia si la contaminación soluble es suficiente. Si ésta es pequeña, del orden de 20 mg·l<sup>-1</sup> de DBO<sub>5</sub>, el crecimiento de las heterótrofas se aminora y las

autótrofas pueden entrar en competición. Una de las consecuencias de lo citado anteriormente es que la nitrificación sólo comienza hacia la parte inferior del lecho bacteriano, donde la DBO soluble residual es escasa.

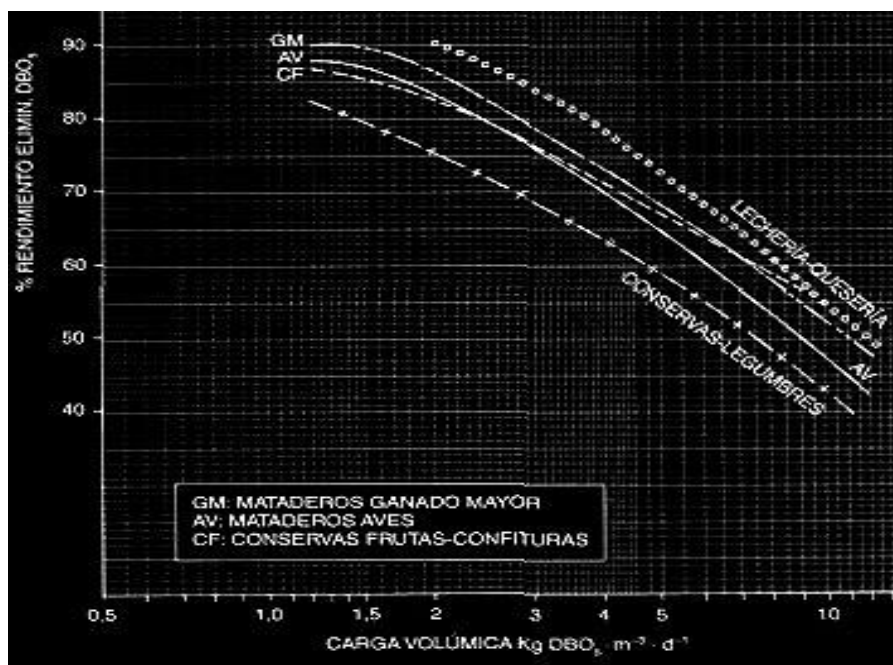


Figura 6.10.- Lechos bacterianos. Materiales plásticos. Rendimiento de eliminación de DBO<sub>5</sub> de algunas aguas residuales industriales.

El beneficio principal, obtenido con la recirculación, es la reducción del cociente entre las concentraciones de N-NH<sub>4</sub> a oxidar y la concentración de oxígeno. Logra también una mejor equirrepartición del caudal a tratar. Se recomiendan cargas hidráulicas de 1,7 a 2,4 ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ), lo que supone una recirculación del 300 al 400%. La Figura 6.10 representa la curva de rendimiento de nitrificación recomendada por la EPA (Environmental Protection Agency). Los resultados deben utilizarse con precaución, debido a la sensibilidad de las bacterias nitrificantes a numerosos inhibidores y a las condiciones del medio ambiente (pH y concentración de oxígeno). La curva es válida únicamente para aguas residuales urbanas con una razón N-NTK/DBO<sub>5</sub> de 0,15 a 0,25 antes de la decantación primaria; puede utilizarse tanto para materiales plásticos como para naturales, ya que el rendimiento se da en relación a la carga superficial del material, y no a la carga volumétrica. En el tratamiento sin nitrificación no pueden emplearse

materiales plásticos con una superficie específica superior a  $100 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ , excepto los de tipo tubular de una sola pieza sobre toda la altura.

- Nitrificación en dos etapas

En una primera etapa de tratamiento con lechos bacterianos o por fangos activados, se elimina de un 80 a un 90% de la contaminación carbonada. La función principal de una segunda etapa con lecho bacteriano, de material clásico o plástico, tiene por objeto la oxidación biológica del nitrógeno amoniacal. Como complemento, esta etapa realiza un pequeño tratamiento de eliminación de materia carbonada. La calidad del agua de alimentación, del orden de 20 a 40 mg/l de  $\text{DBO}_5$  y materias en suspensión, así como el bajo crecimiento de la biopelícula, hacen menos complicados los problemas relacionados con el eventual atascamiento del relleno.

No es conveniente disminuir la carga hidráulica, y por el contrario se debe disminuir ligeramente la talla del relleno para aumentar la superficie específica, cuando se trata de materiales naturales. Eventualmente puede aumentarse la altura del lecho; sin embargo, no es aconsejable superar los 3,50 m. Se puede jugar con la talla nominal del material o sobre la altura, pero nunca con los dos a la vez.

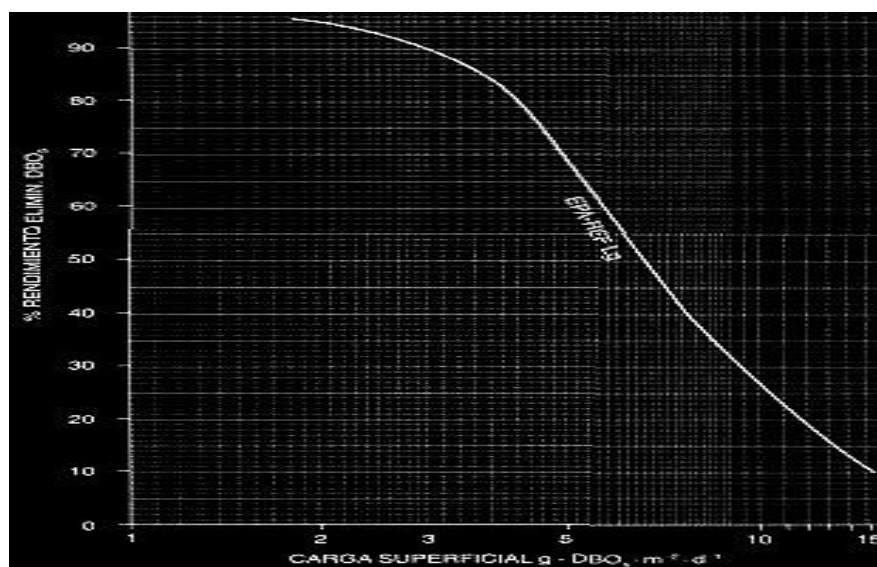


Figura 6.11.- Lechos bacterianos. Nitrificación en una sola etapa. Rendimiento de eliminación de  $\text{NH}_4$ .

Los fabricantes de materiales plásticos proponen, además de la calidad normal para un tratamiento de una sola etapa, con superficies de 80 a 100 ( $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ ), una calidad especial con una superficie mayor, pudiendo alcanzar más de 200 ( $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ ), que tiene como objetivo principal la nitrificación o el tratamiento de algunas aguas residuales industriales especiales. Un estudio realizado por la EPA, sobre la nitrificación en dos etapas con material plástico, proporciona una relación entre el rendimiento de oxidación y la carga superficial de  $\text{NH}_4$  con la influencia de la temperatura. La Figura 16.11 representa esta relación con la carga superficial, y no con la carga volumétrica como en el estudio de EPA. La nitrificación en dos etapas es más económica que en una, tanto desde el punto de vista de inversión como del de gasto de energía



***DECANTACIÓN  
SECUNDARIA***





## 7. INTRODUCCIÓN

Como se ha comentado anteriormente, en el reactor biológico tiene lugar la eliminación de materia orgánica biodegradable, mediante un proceso de oxidación y un proceso de síntesis, dando lugar este último a un incremento de la biomasa presente en el reactor.

Una característica fundamental de esta biomasa, es que si se introduce en un decantador, se produce una floculación o aglomeración de microorganismos sobre partículas inorgánicas, de un tamaño identificable visualmente, y con una densidad que permite su sedimentación. Esta característica de la biomasa es fundamental, ya que el fango depositado en el fondo de los decantadores, es extraído y enviado de nuevo al reactor, con el fin de mantener la concentración apropiada o bien es purgado el fango en exceso.

### 7.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO

Los equipos de decantación secundaria (Figura 7.1), se basan en los mismos principios que los decantadores primarios ya vistos anteriormente, variando los parámetros de proceso al tratarse de fangos de diferente naturaleza y características a los sólidos eliminados en los tratamientos primarios. Al ser la mayor parte de su composición materia orgánica, su densidad va a ser menor y en consecuencia su velocidad de decantación.

Por otra parte, el sistema de decantación secundaria, es generalmente el último proceso antes del vertido del agua al cauce receptor, lo que lleva consigo que un mal funcionamiento de esta unidad, deteriore la calidad del efluente final. Si se produce fuga de sólidos, no solo se incrementará este parámetro, sino la demanda biológica y la demanda química de oxígeno al tratarse de materiales de naturaleza orgánica.

## 7.2 NORMAS GENERALES DE DISEÑO DE LOS DECANTADORES SECUNDARIOS

- Los equipos normalmente utilizados son de tipo circular, debiendo evitarse unidades de diámetro superior a 40-50 m, por los problemas mecánicos que pueden presentar.
- En unidades de diámetro hasta 30-35 m el sistema de extracción de fangos es mediante rasquetas, mientras que en aquellas unidades de mayor, se deben utilizar unidades de succión, que se caracterizan por extraer los fangos por toda la superficie de fondo de forma radial, lo que da lugar a unos tiempos de retención de fangos menores.
- Los sólidos decantados, forman una especie de capa o manta de fangos en el fondo, con unas alturas variables y por lo tanto si no se da una altura apropiada al decantador, pueden dar origen a pérdidas de los sólidos. Esta capa de fangos es muy sensible a las variaciones de caudal. Los decantadores secundarios tienen unas alturas que varían entre 3 y 5 m.
- Un problema importante en los decantadores, con vertedero periférico adosado al muro, es el denominado “efecto pared”, que da lugar a pérdidas de sólidos y en consecuencia a un deterioro del producto final. Con el fin de evitar este efecto en aquellas unidades de alta carga sobre vertedero, es conveniente la construcción del vertedero concéntrico. Una separación de 1 m suele ser suficiente.

## 7.3 SOLUCIÓN ADOPTADA. DIMENSIONADO DEL DECANTADOR SECUNDARIO

Los parámetros más importantes para el diseño de estos equipos son los siguientes:

- Carga hidráulica: 0,5 - 1,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> ·h.
- Velocidad periférica rasquetas: <100 - 120 m/h.
- Tiempo de retención: 3 - 5,5 h.
- Carga sobre vertedero: < 10 m<sup>3</sup>/m·h.

- Diámetro campana central 10-15% diámetro decantador.

Estos valores difieren de los típicos ya que en oxidación total, se destruye parte de la biomasa y decanta peor, con lo cual es necesario bajar la velocidad y aumentar el tiempo de residencia para obtener los rendimientos deseados.



Figura 7.1.- Decantador secundario.

Se dispondrá de dos decantadores cilíndricos secundarios en este caso, uno por filtro. Por tanto los caudales a considerar serán la mitad de los considerados en anteriores etapas del diseño.

La superficie de un decantador será:

$$S(m^2) = \frac{Q(m^3/h)}{CH(m/h)}$$

Esta determinación deberá realizarse para el caudal medio y máximo, con los parámetros de diseño indicados anteriormente si se trata de aguas urbanas. De las dos superficies determinadas, se adoptará la mayor.

Para caudal máximo:

$$S = 978(m^3/h) / 1 (m/h) = 978 m^2$$

Para caudal medio:

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 584 \text{ (m}^3\text{/h)} / 0,5 \text{ (m/h)} = 1168 \text{ m}^2$$

Como ya se mencionó, se dispondrá de dos líneas, por lo que serán necesarios dos decantadores de superficie:

$$S \text{ (m}^2\text{)} = 1168 / 2 = 584 \text{ m}^2$$

A partir de la superficie, se determina el diámetro, que es la forma habitual de definir los decantadores.

$$S \text{ (m}^2\text{)} = \pi \times D^2 / 4 \rightarrow D \approx 27,268 \text{ m}$$

Se toma  $D_{\text{comercial}} = 27,5 \text{ m}$ .

Con lo que se dispondrá de dos decantadores cuya superficie será:

$$S = 593,95 \text{ m}^2$$

El volumen del decantador vendrá dado por:

$$Vol \text{ (m}^3\text{)} = Q \text{ (m}^3\text{/h)} \times Tr \text{ (h)}$$

Al igual que en el caso de la superficie, el volumen se determinará para el caudal medio y máximo, adoptándose el mayor de los volúmenes obtenidos.

Para caudal máximo:

$$Vol = 978 \text{ (m}^3\text{/h)} \times 3 \text{ (h)} = 2.934 \text{ m}^3$$

Para caudal medio:

$$Vol = 584 \text{ (m}^3\text{/h)} \times 5,5 \text{ (h)} = 3.212 \text{ m}^3$$

Al igual que en el caso anterior hay que considerar que se dispone de dos equipos, por lo que el volumen de cada uno de ellos será la mitad del obtenido:

$$\text{Vol} = 3212 \text{ (m}^3\text{)} / 2 = 1.606 \text{ m}^3$$

La altura de cada equipo será:

$$H \text{ (m)} = \frac{\text{Vol} \text{ (m}^3\text{)}}{S \text{ (m}^2\text{)}}$$

Sustituyendo valores en la expresión anterior, se obtiene:

$$H = 1606 \text{ (m}^3\text{)} / 593,5 \text{ (m}^2\text{)} = 2,7 \text{ m}$$

La altura mínima usada en estos equipos es de 3 m, y una máxima de 5 m y éstos realmente no son de forma cilíndrica, sino que en el fondo es un cono con poca inclinación (de 6° a 9°), de manera que se facilite el raspado del fondo del decantador. Por tanto, se procederá a recalcular el volumen del decantador con las consideraciones de diseño:

$$\text{Vol}_{\text{cilindro}} \text{ (m}^3\text{)} = S \times H_{\text{mínima}} = 593,95 \times 3 = 1.781,85 \text{ m}^3$$

El volumen de la parte cónica:

$$\text{Vol}_{\text{cono}} \text{ (m}^3\text{)} = (1/3) \times S \times (H_{\text{máxima}} - H_{\text{mínima}}) = 395,96 \text{ m}^3$$

Por lo que el volumen total será:

$$\text{Vol} \text{ (m}^3\text{)} = \text{Vol}_{\text{cilindro}} + \text{Vol}_{\text{cono}} = 2.177,81 \text{ m}^3$$

Con lo que el tiempo de residencia para caudal medio será:

$$\text{Tr} = (2 \times 2.177,81) / 584 = 7,45 \text{ h}$$

Finalmente, se comprueba el valor de la carga sobre vertedero:

$$\text{CV} = Q_{\text{máx}} / (\text{Perímetro} \cdot \text{n}^{\circ} \text{ decantadores}) = 978 / (2 \times \pi \times 27,5) = 5,66 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}$$

Valor inferior a los 10 m<sup>3</sup>/h·m límite establecidos.

Se proyecta un pozo de recogida de flotantes dotado de 2 (1 + 1R) bombas sumergibles de 25 m<sup>3</sup>/h/ud para impulsión de los flotantes al concentrador de grasas.

***TRATAMIENTO  
FÍSICO-QUÍMICO Terciario***





## 8. INTRODUCCIÓN

En algunos casos, el agua tratada se somete a tratamientos de afinamiento consistentes, por ejemplo, en una filtración rápida por un lecho de arena y grava, que extrae pequeños flóculos de fango, difícilmente decantables (y por lo tanto no han podido ser retirados en los tratamientos anteriores) y consigue una mejoría en la calidad del agua. También se consideran tratamientos de afinamiento o terciarios la eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo) la desinfección y regeneración del agua tratada. En algún caso muy particular la eliminación de nitrógeno se realiza dentro del tratamiento secundario o biológico.

### Sistemas de eliminación de nutrientes

El nitrógeno y el fósforo son elementos nutritivos para el desarrollo de vegetales acuáticos. El incremento de la temperatura favorece considerablemente el desarrollo de estas plantas cuando el contenido en nutrientes (nitrógeno y fósforo) en el agua es importante.

Durante el día la fotosíntesis fija el CO<sub>2</sub> gaseoso y libera oxígeno y durante la noche la respiración consume el oxígeno disuelto en el agua, produciendo una desoxigenación que es mortal para muchos peces, por este motivo es interesante, (siempre que sea necesario, pues el tratamiento es muy caro y no siempre es imprescindible) eliminar estos elementos del agua antes de verterla al río.

En buena parte, los cursos fluviales de nuestro país han estado declarados zonas sensibles por el plan de saneamiento. El motivo es, o bien porque esta zona se destinará a la obtención de agua potable, o bien porque posea un carácter autotrófico o pueda llegar a adquirirlo en caso de no recibir protección adecuada. En estos casos es cuando se debe proceder a la eliminación de los nutrientes presentes en el agua. Se trata de evitar el crecimiento masivo de algas que causan la posterior putrefacción del agua de los ríos y embalses (fenómeno llamado eutrofización).

La eliminación del nitrógeno, a través de un proceso de nitrificación-desnitrificación, se consigue por sistemas biológicos empleando variantes de los sistemas de fangos activos.

Se basa en dos fases sucesivas:

- La primera consiste en transformar el nitrógeno orgánico y amoniacal del tanque de aireación en nitratos, cosa que se conseguimos al poner en contacto agua residual y fangos con oxígeno disuelto, después de un tiempo unas bacterias se encargan de llevar a cabo esta transformación.
- Una segunda fase se encargará de desnitrificar el agua, en este caso sin presencia de oxígeno disuelto, para facilita que los nitratos sean transformados a compuestos gaseosos de nitrógeno, nitrógeno gas y óxidos de nitrógeno, que serían liberados espontáneamente a la atmósfera.

La desnitrificación se produce gracias a unas bacterias que, ante la falta de oxígeno disuelto en el agua son capaces de usar los nitratos y nitritos para respirar. Gracias a esto, ha sido posible diseñar sistemas capaces de eliminar el nitrógeno del agua residual.

La eliminación de los compuestos de fósforo (desfosfatación) se consigue, generalmente, por sistemas físico-químicos: incorporando el fósforo a los sólidos en suspensión, haciéndolo precipitar a base de algún agente coagulante, como el  $\text{Cl Fe}_3$ , que se dosifica en el fango del reactor biológico antes de entrar en los decantadores, y eliminando a continuación el conjunto de estos elementos en forma de lodos.

También existen sistemas biológicos eficaces para la eliminación del fósforo, que consiste en introducir unas determinadas condiciones para que proliferen los microorganismos del fango activo, de manera que absorba la máxima cantidad de fósforo, que posteriormente también se eliminará en forma de lodo.

## **8.1 COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN**

El proceso de decantación, consiste básicamente en la separación de los sólidos en suspensión presentes en el agua residual, basándose en la propiedad física de la diferencia de densidad entre las partículas a separar y el agua.

En las aguas residuales pueden existir una serie de partículas que por distintos motivos no es factible separarlas por decantación, debido a su pequeño tamaño, baja densidad o encontrarse cargadas eléctricamente formando coloides.

Igualmente en el proceso de flotación no es posible, además de los coloides, la separación de aquellas partículas de grasas o aceites que se encuentren en emulsión. Con frecuencia los procesos de coagulación y floculación se confunden, utilizándose uno u otro término de forma indiscriminada, no obstante existe una clara diferencia entre ellos.

El proceso de coagulación es la reacción química que tiene lugar por la adición de determinados productos químicos a una dispersión coloidal, produciendo una desestabilización de las partículas coloidales o emulsionadas, mediante la neutralización de las cargas eléctricas que tienden a mantenerlas separadas.

La formación de partículas fácilmente sedimentables a partir de las partículas desestabilizadas de tamaño submicroscópico por agrupamiento entre ellas y formación de otras de mayor tamaño es lo que se denomina floculación.

Mientras que la coagulación es una reacción de tipo químico, siendo la fuerza primaria de tipo electrostático o interiónico, en el proceso de floculación predominan la formación de puentes o enlaces de tipo físico.

ECKENFELDER señala como límite máximo de retención un 85%, debido, en aguas residuales urbanas, a materiales de suspensión y coloidales. Para EUROPA IMHOFF establecía los límites de reducción de la D.B.O. (materia orgánica) en: 33% de materia en suspensión decantable, 33% de materia no decantable y partículas coloidales, y 33% de partículas en solución. En este caso el límite del proceso de floculación-decantación se encontrará en un 66% de la D.B.O., y que la D.B.O. en solución no puede flocularse.

A pesar de esta mejora en los resultados, no se utiliza debido a la problemática de preparación de reactivos, coste de los mismos y una mayor generación de lodos.

### 8.1.1 OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO

El objetivo de los procesos de coagulación - floculación es la neutralización de las cargas eléctricas de los coloides y emulsiones presentes en el agua residual, seguido de un reagrupamiento de las partículas, de tal forma que sea factible su separación posterior ya sea por decantación o bien por flotación.

Es de indicar que en el proceso de coagulación - floculación, no tiene lugar separación alguna de contaminantes, sino una adecuación de determinadas partículas para que puedan ser separadas fácilmente a través de otros procesos instalados a continuación, como decantación o de flotación.

Las funciones más importantes del proceso de coagulación - floculación, son las siguientes:

- Neutralizar las cargas eléctricas presentes en partículas coloidales o emulsiones, eliminando las fuerzas de repulsión existentes al ser cargas del mismo signo y que impedían su decantación o flotación.
- Reagrupación de partículas de tamaño muy pequeño en otras de mayor tamaño más fácilmente decantables.
- Las partículas de tamaño muy pequeño no decantan con facilidad, debido a las fuerzas de resistencia que se originan al atravesar las partículas el agua en su caída y la poca masa de que disponen, lo que llevaría a utilizar unas velocidades o cargas hidráulicas muy bajas, y en consecuencia unos equipos muy grandes.
- Algunos compuestos orgánicos se eliminan en cantidades variables por adsorción sobre la superficie de los flóculos.
- Adecuar determinadas partículas para que sean eliminadas en procesos posteriores de decantación o flotación.

### 8.1.1.1 COAGULACIÓN

El proceso de coagulación, como ya se ha indicado anteriormente, consiste básicamente en la neutralización de las cargas eléctricas de los coloides y emulsiones presentes en el agua residual, y que dan origen a unas fuerzas de repulsión, que impiden su separación a través de los procesos de decantación o flotación.

En el proceso de coagulación se consigue la desestabilización o neutralización de las cargas eléctricas presentes en los coloides y emulsiones mediante la dosificación de reactivos químicos y agitación vigorosa, para favorecer la mezcla rápida e íntima entre el agua residual y el reactivo en el menor tiempo posible y que se lleve a cabo la reacción correspondiente.

Cuando la superficie de una partícula adquiere carga eléctrica, algunos iones de carga contraria se adhieren a la superficie y quedan allí retenidos gracias a fuerzas electrostáticas y de Van der Waals. Alrededor de esta capa fija de iones, existe otra capa difusa, que no pueden formar capa compacta debido a la agitación térmica.

Si a un agua residual con materia coloidal se le hace pasar una corriente eléctrica continua, las partículas cargadas eléctricamente serán atraídas hacia uno u otro electrodo de acuerdo con el signo de su carga. Al potencial en la superficie de la nube se le denomina potencial zeta. El valor de este parámetro es limitado ya que varía según la naturaleza de los componentes de la solución.

Cuando se produce la neutralización de las cargas eléctricas por coagulación, el potencial zeta se anula.

El proceso de coagulación se puede realizar por tres vías diferentes:

- Adición de iones que se adsorban o reaccionen con la superficie del coloide y en consecuencia disminuyan su potencial. La dosificación de un electrolito fuerte da lugar a una mejor

concentración iónica y en consecuencia a una disminución del potencial.

- Adición de un polielectrolito.

Los polielectrolitos se dividen en dos grandes familias, de acuerdo con su origen:

- Natural, como pueden ser el almidón, la celulosa y los alginatos, etc.
- Sintéticos, formados por monómeros simples que se polimerizan formando cadenas de muy alto peso molecular.

De acuerdo con la carga de los polímeros estos pueden ser aniónicos, catiónicos y no iónicos.

-Adición de sales metálicas: Cuando una sal metálica, fundamentalmente de aluminio o hierro se añade al agua, se originan una serie de reacciones de hidrólisis, formándose un conjunto de sustancias de tipo complejo de cargas multivalentes, que son los responsables del proceso de coagulación.

Los reactivos utilizados generalmente son sales metálicas de cationes con alta carga iónica, de tal forma que cuanto mayor sea la carga del catión y menor el radio iónico mejor será el rendimiento de la operación.

#### **8.1.1.2 FLOCULACIÓN**

Debido a que las partículas formadas en el proceso de coagulación son de un tamaño muy pequeño su decantación va a ser muy difícil debido a las bajas velocidades de decantación que precisan y a la resistencia que se origina a su paso a través de la masa de agua, siendo necesario su

reagrupación en otras de mayor tamaño formando una especie de piña o ristra entre ellas que permita una mayor velocidad de decantación.

A este proceso de reagrupamiento de las partículas en otras de mayor tamaño se le denomina floculación.

Los hidróxidos metálicos formados en el proceso de coagulación, y con una agitación suave, tienen tendencia a formar unos coágulos que adsorben las partículas en suspensión, formando unos flóculos de tamaño visible y con unas velocidades de decantación aceptables. Los mencionados flóculos son bastante higroscópicos, lo que da lugar a retenciones de moléculas de agua.

Para mejorar de forma notable la formación de flóculos es práctica habitual la dosificación de polielectrolitos orgánicos, consistentes en polímeros de alto peso molecular y larga cadena que fijan las partículas sólidas, formando unas nuevas partículas de mayor tamaño, compactas y fácilmente decantables.

La floculación al no ser una reacción química, tiene lugar en el seno de una agitación moderada que no destruya los flóculos ya formados pero ponga en contacto las partículas con el reactivo, y mantenga los sólidos en suspensión.

### **8.1.1.3 ENSAYOS DE LABORATORIO**

En todos los procesos de coagulación-floculación, es preciso la realización de ensayos en laboratorio con el fin de determinar:

- Reactivos más adecuados.
- Dosis de coagulante.
- Dosis de floculante.
- pH óptimo de operación.
- Tiempos de coagulación y floculación.
- Velocidad de sedimentación.

- Volumen de fangos formados.
- Calidad del agua sin tratar y tratada.

El modo de llevar a cabo estos ensayos de laboratorio, pueden ir desde la realización de una serie de ensayos tipo Jar-Test hasta la utilización de una unidad semi-piloto.

El ensayo de Jar-Test se realiza con un agitador múltiple en vasos de precipitados de 1 l en los que se dosifican los reactivos a probar con diferentes dosis y condiciones de operación como pH, nivel de agitación, tiempos de reacción, etc.

El equipo dispone de un variador de velocidad, lo que permite realizar la agitación rápida, lenta y decantación en el mismo recipiente.

Una vez decantada la muestra se sifona parte del sobrenadante para realizar los análisis correspondientes de sólidos en suspensión y comprobar el rendimiento del proceso.

Por otra parte cualquier variación en la composición de las aguas residuales, podrá alterar la eficiencia del proceso, debiéndose tener la facilidad de variar la concentración de dosificación en los equipos de la planta.

#### **8.1.1.4 REACTIVOS UTILIZADOS**

Los productos químicos normalmente utilizados para la coagulación son:

- Sales de aluminio fundamentalmente el sulfato de aluminio o policloruro de aluminio.
- Sales de hierro como el cloruro férrico, sulfato férrico y sulfato ferroso.



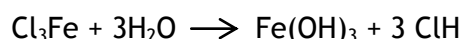
- Agente neutralizante. Con el fin de ajustar el pH de la coagulación al valor idóneo, así como neutralizar la acidez que producen las sales metálicas, se utiliza cal o hidróxido sódico.

En el caso de aguas muy alcalinas y que sea preciso bajar el pH, el reactivo a utilizar será ácido sulfúrico o clorhídrico.

- **Cloruro férrico FeCl<sub>3</sub>**

Comercialmente se suministra en forma sólida (cristalina o anhidra) o líquida con concentraciones del orden del 33 al 40%. Debido a su carácter corrosivo e higroscópico es preciso mantenerlo en envases seguros y bien cerrados.

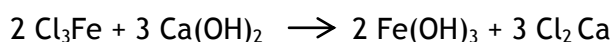
La reacción que tienen lugar entre el cloruro férrico y el agua es la siguiente:



Esto supone que el pH del agua disminuye, pudiendo llegar a que la mencionada reacción no se produzca o bien no tenga lugar de forma correcta al trabajar a un pH inadecuado.

En este proceso con el fin de ajustar el valor idóneo del pH se lleva a cabo la dosificación de un producto alcalino como puede ser sosa o cal.

La reacción en este último caso sería la siguiente:



El hidróxido férrico forma un flóculo de color pardo, gelatinoso. El cloruro férrico tiene tendencia a dejar en el agua una tenue coloración de color amarillo-pajizo, por lo que no es recomendable su utilización en aguas potables, de aportación o recuperación.

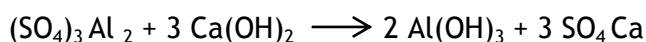
• **Sulfato de aluminio (SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>**

En su forma comercial se le conoce igualmente con el nombre de sulfato de alumina, alumbre, o alumbre de filtro.

El producto comercial no tiene una fórmula exacta, variando el agua de hidratación entre 13 y 18 moléculas.

Igual que el Cl<sub>3</sub>Fe se puede encontrar comercialmente en forma líquida con una concentración del 50% o bien en estado sólido.

Al precipitar el hidróxido de aluminio, al igual que ocurría con el cloruro férrico el agua se acidula, siendo necesario ajustar el pH mediante la dosificación de un reactivo alcalino.



Debido al carácter anfótero del hidróxido de aluminio, un exceso de alcalinidad puede producir su redisolución, por la formación del aluminato correspondiente que es soluble.

El sulfato de alumina no transmite color al agua, al contrario de lo que ocurría con el cloruro férrico, por lo que es un producto idóneo en aguas potables o de aportación.

• **Sulfato férrico Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>**

Es un sólido fácilmente soluble en agua y su eficacia es similar a la del Cl<sub>3</sub>Fe. La utilización de uno u otro viene dada en gran medida por los aniones que acompañan al Fe<sup>3+</sup> es decir, por la preferencia en cuanto al aumento de la concentración de sulfatos o cloruros en el agua a tratar.

La reacción que tiene lugar es similar a la del cloruro férrico y al igual que ocurría con dicho compuesto es preciso dosificar un reactivo alcalino para neutralizar la acidez que se origina.

Los coagulantes férricos, tanto del sulfato como del cloruro, tienen un amplio margen de pH para su utilización que va de 5 a 11, con un valor óptimo generalmente entre 7 y 8.

- **Sulfato ferroso Fe SO<sub>4</sub>**

Este compuesto es un subproducto obtenido en la fabricación de dióxido de titanio.

Es un sólido verdoso en forma granular o cristalizada, fácilmente soluble en agua.

Con el fin de obtener la máxima eficiencia de este compuesto es preciso su oxidación a férrico por aireación. Esta oxidación a pH neutro es muy rápida.

Como en su forma de utilización es oxidado previamente a sulfato férrico, las reacciones que tienen lugar son las mismas que se han indicado con anterioridad.

- **Policloruro de aluminio**

Se presenta comercialmente en varias composiciones y tiene la ventaja respecto al sulfato de alúmina de tener más porcentaje en peso de aluminio por producto dosificado.

Las reacciones son similares a las vistas anteriormente.

- **Polielectrolitos**

Los polielectrolitos son polímeros orgánicos de alto peso molecular y largas cadenas, existiendo en el mercado una gran variedad de marcas que comercializan estos productos.

Las cantidades a utilizar en el proceso de floculación son generalmente bajas, variando entre 1 y 4 ppm, dependiendo de la concentración, tamaño y tipo de sólidos presentes en el agua residual.

### 8.1.1.5 FASES DEL PROCESO

La eliminación de sólidos en suspensión a través de un proceso de coagulación floculación se lleva a cabo en tres etapas que son las siguientes:

- Dosificación al agua residual de determinados productos químicos en un reactor de mezcla vigorosamente agitado donde tiene lugar la neutralización de los coloides y emulsiones a través de una reacción de tipo químico, así como el ajuste del pH al valor óptimo del proceso.
- Formación de partículas o agregados de gran tamaño a partir de las partículas submicroscópicas procedentes de la coagulación, con el fin de obtener unas velocidades de decantación o flotación elevadas. Este proceso tiene lugar en un segundo reactor o floculador con tiempos de retención elevados y agitación suave que permita el contacto entre las partículas y el reactivo a la vez que evite la rotura de los flóculos ya formados.
- Decantación o flotación de los flóculos formados en la etapa anterior.

## 8.2 NORMAS GENERALES DE DISEÑO

-La agitación en la coagulación se puede llevar a cabo mediante agitadores mecánicos vigorosos o bien por inyección de aire con difusores de burbuja media o gruesa. En este último caso el aire preciso es del orden de 1 a 1,5  $\text{m}^3_{\text{aire}} / \text{m}^3 \cdot \text{h}$ .

-Si se adopta un coagulador de sección cilíndrica, es preciso la instalación de cortacorrientes, para disminuir el efecto de vórtice generado por el agitador, lo que conllevaría a una pérdida de energía por arrastre del agua.

- Los cortacorrientes en estos reactores, se suelen poner en número de tres o cuatro y su anchura está comprendida entre el 5 y 10% del diámetro del tanque.
- Debe de tenerse en cuenta que en el proceso de coagulación pueden tener lugar precipitaciones de tipo secundario, correspondiente a compuestos presentes en el agua residual, como pueden ser fosfatos, carbonatos, etc. Produciendo la precipitación de los compuestos insolubles correspondientes, que conllevan unos consumos extra de reactivos y una mayor producción de fangos sobre los teóricamente previstos.
- En el caso de utilizar cal como agente neutralizante, al tratarse de una reacción de tipo sólido - líquido los tiempos de retención deben incrementarse, al ser la velocidad de reacción considerablemente menor.
- La agitación en la floculación se puede llevar a cabo mediante agitadores de baja velocidad o bien por inyección de aire con difusores de burbuja media. En este último caso el aire preciso es del orden de 0,5 a 0,75 m<sup>3</sup> aire /m<sup>3</sup> ·h.
- En el caso de utilizar agitación mecánica, es importante disponer de un variador de velocidad en el proceso de floculación con el fin de ajustar la velocidad según el tipo de flóculo formado.
- La alimentación y la salida deben situarse en posiciones opuestas.
- Tanto el coagulador como el floculador, suelen sobredimensionarse entre un 15 - 20% del volumen teórico obtenido por cálculo.

### **8.2.1 REACTOR DE MEZCLA**

Por tratarse de una reacción de tipo químico de primer orden, la misma tiene lugar de forma prácticamente instantánea, viniendo determinado el tiempo de retención del sistema por el preciso para que el agua residual se mezcle perfectamente con el reactivo.

- El tiempo de retención para una correcta coagulación, cuando se dispone de agitación vigorosa está comprendido entre 2 y 3 minutos.
- El tiempo de retención para floculación, cuando se dispone de una agitación suave, está comprendido entre 20 y 30 minutos.

Los reactores utilizados para llevar a cabo el proceso de coagulación, pueden ser de dos tipos:

- Sección circular: En este caso el diámetro y altura del reactor tiene aproximadamente la misma dimensión.
- Sección rectangular: Siendo los tres lados de las mismas dimensiones.

### 8.2.2 FLOCULADOR

Por tratarse de una adsorción de tipo físico, y ser precisa una agitación muy suave, el tiempo de retención en el floculador es superior al caso de la coagulación.

Los floculadores, al igual que los coaguladores son de dos tipos:

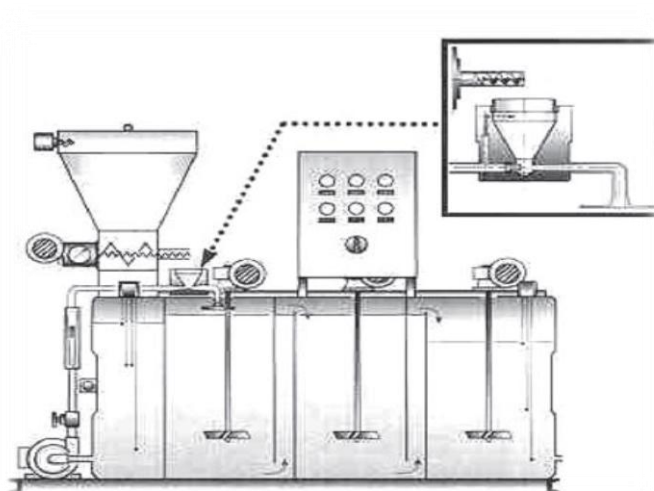


Figura 8.1.- Unidad de preparación de polielectrolito

### 8.2.3 DECANTADOR

Los decantadores utilizados a continuación de un proceso de coagulación-floculación, son similares a los empleados en el tratamiento primario convencional.

Si la consistencia del flóculo es buena se puede ir a cargas hidráulicas mayores y por tanto decantadores de menor tamaño, con el consiguiente ahorro de inversión.

En algunas ocasiones y especialmente en potabilización de aguas se utilizan unos decantadores especiales que llevan integradas las cámaras de coagulación y floculación y además proporcionan una recirculación de fangos, ya que la existencia de flóculos ya formados, facilita la agrupación de nuevas partículas. En estas unidades la dosificación de reactivos químicos se suele llevar a cabo en línea.

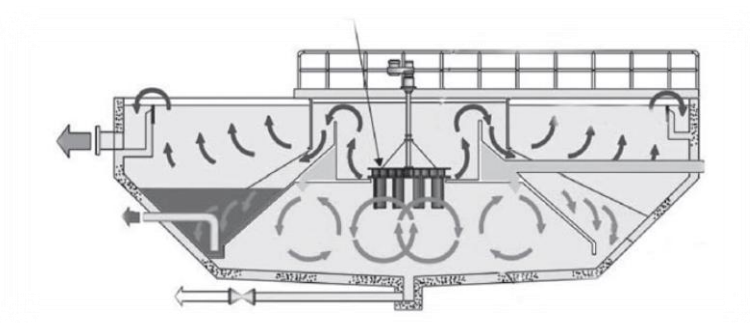


Figura 8.2.- Clarifloculador

### 8.2.4 FLOTADORES

Dependiendo del tipo de flóculo formado, en ocasiones y como alternativa al proceso de decantación, la separación de los mismos puede llevarse mediante un proceso de flotación.

Este sistema es utilizado cuando el agua residual tiene en su composición grasas y aceites.

El proceso de flotación utilizado en este caso sería el de flotación con presurización de aire en la recirculación con el fin de evitar la rotura de los flóculos ya formados y el emulsionado de las grasas y aceites desemulsionados previamente.

### 8.3 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO

#### 8.3.1 COAGULADOR

El cálculo del volumen del coagulador, se lleva a cabo a partir del tiempo de retención del agua en el equipo.

El volumen del equipo vendrá dado por:

$$Vol(m^3) = \frac{Q(m^3/h) \times T_r(\text{min})}{60(h/\text{min})}$$

Donde:

Q: caudal, m<sup>3</sup>/h

Tr: tiempo de retención, min

Vol: volumen del equipo, m<sup>3</sup>

Este cálculo debe realizarse para el caudal medio y máximo, siendo los tiempos de retención a aplicar, para el caudal medio y máximo, los indicados anteriormente.

El volumen del reactor corresponderá con el mayor de los dos volúmenes obtenidos.

Si el equipo es de sección cuadrada, cada uno de los lados vendrá dado por:

$$L(m) = \sqrt[3]{Vol(m^3)}$$

Donde:

Vol: volumen del equipo, m<sup>3</sup>

L: lado del equipo, m



Y si la sección es de tipo circular, el diámetro será próximo a la altura, siendo en este caso:

$$H(m) = \sqrt[3]{\frac{Vol(m^3) \times 4}{\pi}}$$

Donde:

H: altura del equipo, m

Vol: volumen del equipo, m<sup>3</sup>

Como solución se adoptará un coagulador de sección circular, resultando, para Q<sub>max</sub>:

$$Vol = (978 \times 2) / 60 = 32,6 \text{ m}^3$$

y para Q<sub>med</sub>:

$$Vol = (584 \times 3) / 60 = 29,2 \text{ m}^3$$

Por tanto, dimensionando para el mayor valor obtenemos una altura:

$$H = 3,46 \text{ m}$$

Como hemos dicho anteriormente, la altura será próximo al diámetro, por lo que el radio será:

$$r = 1,73 \text{ m}$$

A la altura calculada en cualquiera de ambas opciones, habrá que incrementarla en 40 / 50 cm para evitar las salpicaduras debidas a la agitación vigorosa por lo que finalmente fijaremos una altura:

$$H \approx 4 \text{ m}$$

Con la finalidad de reducir las dimensiones, se proyectará dos coaguladores, por lo tanto para cada coagulador:

$$Vol = 32,6 / 2 = 16,3 \text{ m}^3$$

Y la altura :

$$H = 2,7 \text{ m}$$

Como hemos dicho anteriormente, la altura será próximo al diámetro, por lo que el radio será:

$$r = 1,37 \approx 1,4 \text{ m}$$

A la altura calculada en cualquiera de ambas opciones, habrá que incrementarla en 20 / 30 cm. para evitar las salpicaduras debidas a la agitación del agua por lo que finalmente fijaremos una altura:

$$H = 3 \text{ m}$$

### 8.3.2 FLOCULADOR

El cálculo del volumen del floculador, se determina a partir del tiempo de retención del agua en el equipo.

El volumen del equipo será:

$$Vol(m^3) = \frac{Q(m^3/h) \times T_r(\text{ min } )}{60(h/ \text{ min } )}$$

Donde:

Q: caudal, m<sup>3</sup>/h

Tr: tiempo de retención, min

Vol: volumen del equipo, m<sup>3</sup>

Al igual que en el cálculo del coagulador, el volumen debe determinarse para el caudal medio y máximo.

El volumen del floculador corresponderá con el mayor de los volúmenes determinados.

Los tiempos de retención se encuentran dentro del rango indicado en las bases de diseño, aunque en este caso si las pruebas de laboratorio han demostrado una buena formación de flóculos, los tiempos a utilizar se pueden reducir.

Si el equipo es de sección cuadrada, cada uno de los lados vendrá dado por:

$$L(m) = \sqrt[3]{Vol(m^3)}$$

Donde:

Vol: volumen del equipo, m<sup>3</sup>

L: lado del equipo, m

Y si la sección es de tipo circular, el diámetro será próximo a la altura, siendo en este caso:

$$H(m) = \sqrt[3]{\frac{Vol(m^3) \times 4}{\pi}}$$

Donde:

H: altura del equipo, m

Vol: volumen del equipo, m<sup>3</sup>

Como solución se adoptará un floculador de sección circular, resultando, para Q<sub>max</sub>:

$$Vol = (978 \times 20) / 60 = 326 \text{ m}^3$$

y para Q<sub>med</sub>:

$$Vol = (584 \times 30) / 60 = 292 \text{ m}^3$$

Por tanto, dimensionando para el mayor valor obtenemos una altura:

$$H = 7,46 \text{ m}$$

Para evitar una altura tan considerable, se proyectará dos floculadores, por lo tanto para cada floculador:

$$Vol = 326 / 2 = 163 \text{ m}^3$$

Y la altura :

$$H = 5,9 \text{ m}$$

Como hemos dicho anteriormente, la altura será próximo al diámetro, por lo que el radio será:

$$r = 2,96 \approx 3 \text{ m}$$

A la altura calculada en cualquiera de ambas opciones, habrá que incrementarla en 20 / 30 cm. para evitar las salpicaduras debidas a la agitación del agua por lo que finalmente fijaremos una altura:

$$H = 6,1 \text{ m}$$

### 8.3.3 DECANTADOR LAMELAR

La decantación es el proceso unitario más utilizado para realizar la separación sólido líquido.

Dentro del proceso de decantación podemos encontrarnos con equipos convencionales (dinámicos o estáticos) o bien rellenos parcial o totalmente de paquetes lamelares.

Las lamelas suelen tener superficies transversales sencillas (forma cuadrada, hexagonal, octogonal, tipo chevron, etc.) con inclinación de 60°. fabricados en PVC, PP u otros materiales.



Figura 8.3. - Paquete lamelar

ada paquete lamelar está constituido de múltiples tubos independientes de longitud definida, los cuales forman zonas de flujo laminar ideales para desarrollar la decantación de las partículas.

El agua a tratar entra, a una velocidad predeterminada, por la parte inferior de los tubos ascendiendo, a través de ellos, hasta la parte superior de la lamela.

El flujo del agua a través de los tubos lamelares debe mantener una ausencia total de turbulencias lo que facilita la sedimentación de las partículas sólidas. Además en el transcurso de dicho recorrido muchas pequeñas partículas se agrupan formando otras de mayor tamaño y peso y por lo tanto de más fácil sedimentación.

El agua prácticamente exenta de sólidos es recogida en canaletas situadas por encima de las lamelas; mientras que los sólidos precipitan por gravedad en la parte inferior del decantador desde donde son evacuados al exterior en forma automática.



Figura 8.4.- Decantador lamelar

### 8.3.3.1 NORMAS GENERALES DE DISEÑO DE UN DECANTADOR LAMELAR

En todo proceso de decantación existen una serie de variables y parámetros que afectan a la eficiencia de los equipos y en consecuencia al rendimiento del proceso, siendo preciso al realizar un diseño tenerlos

en consideración, con el fin de obtener un rendimiento óptimo de la instalación. Los factores a tener en cuenta en el diseño son entre otros los siguientes:

- Caudal máximo y medio de alimentación a la unidad.
- Carga de sólidos ( $\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )
- Concentración de sólidos en suspensión en el influente ( $\text{mg}/\text{l}$ )
- Carga hidráulica ( $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )
- Carga sobre vertedero ( $\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{h}$ )

#### **Tiempo de residencia hidráulico (h).**

Cada uno de estos parámetros hay que determinarlo experimentalmente, mediante ensayos de laboratorio o bien recurrir a datos bibliográficos, o experiencia del diseñador. A su vez la velocidad de decantación, parámetro crítico en el diseño, va a venir condicionada entre otros por los siguientes factores:

- Densidad de la partícula.
- Tamaño de la partícula.
- Temperatura del agua. A menor temperatura mayor viscosidad del agua y en consecuencia mayor fuerza de rozamiento a su caída.
- Interacciones entre las partículas cuando su concentración es elevada.

En las aguas residuales de procedencia industrial, por tratarse de partículas de diferente tamaño, forma y composición que las de origen urbano, es preciso llevar a cabo ensayos de laboratorio, con el fin de poder determinar los parámetros adecuados de diseño. Estos ensayos son especialmente necesarios cuando los sólidos en suspensión no actúan como partículas discretas en el proceso de decantación.

Los parámetros más importantes para el diseño de estos equipos son los siguientes:

- Carga hidráulica: 0,2 - 0,4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> · h.
- Tiempo de retención: 0,9 - 1,5 h.
- Inclinación Standard: 60° (50°-70°).
- Materiales: P.V.C., P.P., Acero inoxidable.

### 8.3.3.2 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO

Se ha seleccionado para este proyecto dos decantadores lamelares de base cuadrada, donde el volumen del decantador vendrá dado por:

$$\text{Vol (m}^3\text{)} = Q (\text{m}^3 \cdot \text{h}) \times \text{Tr (h)}$$

y se determinará para el caudal medio y máximo, adoptándose el mayor de los volúmenes obtenidos.

Para  $Q_{\text{max}}$ :

$$\text{Vol} = (978 / 2) \times 0,9 = 440 \text{ m}^3$$

y para  $Q_{\text{med}}$  :

$$\text{Vol} = (584/2) \times 1,5 = 438 \text{ m}^3$$

Por lo que optaremos por definir un decantador de base cuadrada, siendo  $L = 8,5$  (m) y  $H = 6$  (m).

De igual forma que se determinó en la decantación secundaria se determina el caudal de fangos que llegará al espesador:

$$Q_{\text{dec.terciaria}} = 77,35 \text{ kg/d}$$

Para esta operación se instalarán 3 (2+1R) bombas sumergibles de 10 m<sup>3</sup>/h/ud, con un tiempo de funcionamiento máximo de 8 h situadas a la salida del decantador.

## 8.4 PRE-POST CLORACIÓN

Con el fin de evitar la proliferación de algas en los filtros, será necesario preclorar el agua antes de la filtración proceso que realizamos adicionando hipoclorito sódico. La precloración se diseña para el caudal del tratamiento terciario  $584 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Se ha tenido en cuenta que pueda también dosificarse hipoclorito sódico en la cámara de contacto diseñada para aquellas actuaciones en que no funcione el tratamiento terciario. Denominamos esta operación como postcloración, razón por la cual la citada postcloración se diseña para el caudal punta que hará la función propia de desinfección, complementando a la desinfección mediante rayos U.V. Así se recoge en la reglamentación que establece los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, en el apartado de tratamiento de potabilización, donde se articula que las aguas aptas para consumo público, deberán contener a lo largo de toda la red de distribución, y en todo momento, cloro residual libre o combinado, u otros agentes desinfectantes, en las concentraciones que determine la Administración.

Se pueden utilizar diversos agentes desinfectantes, su elección dependerá de diversos factores: tiempo de contacto, calidad del agua, e instalaciones y recursos disponibles. El desinfectante más generalizado para potabilizar el agua, es el cloro y sus derivados, a continuación, vamos a ver algunas características de cada uno de estos agentes.

### • Cloro y sus derivados

El reglamento, establece como valor paramétrico, una concentración de cloro libre residual de  $1,0 \text{ ppm}$ , en la red de distribución. Comercialmente, el cloro se usa de diversas formas, las más comunes en el mercado son: cloro gas, hipoclorito, hipoclorito cálcico, dióxido de cloro, y cloraminas. Como se vio en el apartado de oxidación, el aporte que se haga de cloro en el agua, en un primer momento va a oxidar la materia orgánica e inorgánica que lleve el agua. Si se sigue añadiendo cloro al agua, ésta reaccionará con algunos restos de compuestos orgánicos, formando cloraminas, que ya tienen una capacidad de desinfección, aunque débil, a esta forma de cloro en el agua se le denomina cloro residual combinado.



Si se continúa añadiendo cloro, se observa que todo el que se añada, aparece como cloro residual libre, el cual es un agente desinfectante muy activo. Normalmente, el punto de dosificación de cloro suele ubicarse a la entrada de los depósitos de abastecimiento, y se tomarán lecturas para determinar las concentraciones tanto en los propios depósitos, como en la salida hacia las redes de distribución.

Como ya se indicaba en el apartado de oxidación, donde se recogían las bases del diseño, no podemos olvidar que el uso de una instalación de desinfección con cloro, deberá disponer de un sistema de neutralización de posibles fugas de cloro al ambiente, normalmente se disponen de torres de absorción, que consisten en unas torres de lavado (de platos o de relleno), donde se realiza un lavado en contracorriente del aire contaminado extraído de la sala, con hidróxido sódico, precipitando cloruro sódico, y obteniéndose un aire descontaminado. En cuanto a los derivados del cloro usados como desinfectante:

- Las cloraminas se usan poco porque tienen menor poder desinfectante, y por los subproductos que se originan.
- El dióxido de cloro es necesario prepararlo in situ, con ácido clorhídrico e hipoclorito sódico, lo que supone un inconveniente al estar manipulándose varios reactivos químicos, sin embargo se aprecia su capacidad oxidante sobre aguas que contienen fenoles (a diferencia del cloro, no origina olores), y oxida muy bien a aguas cargadas de hierro y manganeso.
- Los hipocloritos ofrecen el mismo resultado en desinfección que el cloro, la única diferencia es que elevan el pH del agua, originando más problemas de precipitados en los depósitos y las conducciones, por la alcalinidad que producen.

**- Cámara de contacto**

Teniendo en cuenta el largo tiempo de retención (superior a 24 horas) que existe en los depósitos de agua tratada, se ha prescindido en este caso de la instalación de una cámara de contacto propiamente dicha, por ser innecesaria.

### - Almacenamiento y dosificación de hipoclorito

La dosificación de hipoclorito para desinfección en emergencia se diseña para una situación actual, es decir, para un caudal punta de 978 m<sup>3</sup>/h. A continuación se indica el dimensionamiento adoptado:

Producto comercial ..... ClONa 13% Cl<sub>2</sub>

Densidad ..... 1,25 Kg/l

#### Dosis máxima:

\* En precloración ..... 6 ppm en Cl<sub>2</sub> <> 46,15 ppm de ClONa al 13%

\* En postcloración ..... 8 ppm en Cl<sub>2</sub> <> 61,54 ppm de ClONa al 13%

#### Dosis media:

\* En precloración ..... 4 ppm en Cl<sub>2</sub> <> 30,77 ppm de ClONa al 13%

\* En postcloración ..... 4 ppm en Cl<sub>2</sub> <> 30,77 ppm de ClONa al 13%

#### Consumo máximo:

\* En precloración ..... 43,29 kg/h <> 34,63 l/h

\* En postcloración ..... 133,85 kg/h <> 107,08 l/h

#### Consumo medio:

\* En precloración ..... 28,86 kg/h <> 23,09 l/h

\* En postcloración ..... 66,92 kg/h <> 53,54 l/h

**- Almacenamiento**

Autonomía ..... 10 días a dosis media según las necesidades de precloración ya que la postcloración se dará solo en situaciones de emergencia y by-pass del tratamiento terciario.

Capacidad requerida  $C = \frac{23'09(l/h) \times 24(h) \times 10días}{h} = 5,542$

Nº de tanques ..... 1

Capacidad de almacenamiento necesario ..... 5,5 m<sup>3</sup>

Capacidad de almacenamiento adoptado ..... 15 m<sup>3</sup> compartida con las necesidades del tratamiento de olores.

**- Dosificación**

Nº de bombas dosificadoras..... 2 (1 + 1R)

Rango requerido ..... 23,09 - 107,08 l/h

Caudal por bomba ..... 17 - 170 l/h/ud.

Tipo ..... De membrana, dotadas de variador de frecuencia.

Funcionamiento ..... Automático, proporcional al caudal.

**- Dilución en línea**

Concentración de utilización ..... 4% (P/P)

Agua de dilución:

\* A dosis máxima en postcloración..... La dilución será controlada por medio de un rotámetro, con un caudal de 10 a 100 l/h.

- Punto de dosificación de la precloración y postcloración

La precloración se realizará en el canal de reparto de filtros. La postcloración se realizará en el canal de salida del tratamiento terciario.

### 8.5 FILTRACIÓN POR GRAVEDAD-TERCIARIO

Se puede definir la operación de filtración como el proceso de separación de las partículas sólidas de un líquido. Partículas sólidas de pequeño tamaño responsables de la turbidez del agua.

Las partículas sólidas responsables de la turbidez del agua se caracterizan normalmente en sólidos en suspensión (mg materia/l agua).

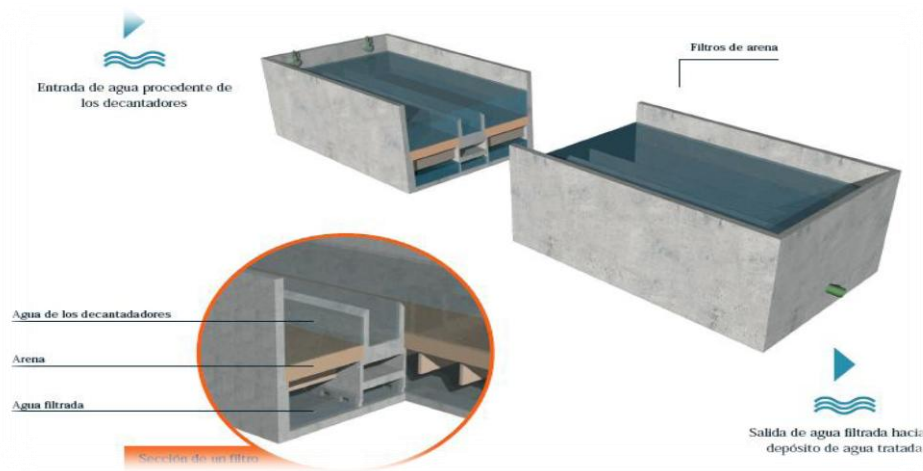


Figura 8.5.- Filtros de arena

### 8.5.1 TIPOS DE FILTRACIÓN

Existen básicamente 3 tipos de filtración en función del sentido de flujo del agua y el tipo de retención de sólidos que se realiza:

- Filtración en superficie

Los sólidos mayores que un cierto tamaño de paso quedan retenidos sobre una superficie filtrante perpendicularmente al flujo del agua (caso A de la figura 8.6). Esto sucede por ejemplo en los filtros de cartucho. El principal problema de estos filtros es que no son capaces de retener grandes cantidades de sólidos ya que estos al acumularse impiden el paso del agua.

- Filtración en profundidad

Los sólidos son retenidos por distintos mecanismos (fuerzas de Van der Waals, interceptación mecánica, etc.) en la masa de un medio granular (caso B de la figura 8.6). Esto sucede en los filtros de arena. La principal ventaja es su gran capacidad de retención de sólidos en suspensión.

- Filtración tangencial

El concepto de filtración tangencial es análogo a la filtración en superficie pero con la diferencia que el agua circula paralelamente a la superficie de filtración. (caso C de la figura 8.6). Un ejemplo típico de filtración tangencial es la ósmosis inversa. La principal ventaja de este sistema es que el propio agua a filtrar realiza el barrido de los sólidos evitando su acumulación aunque, en general debe realizarse a presión para obligar a pasar el agua a través de la superficie filtrante.

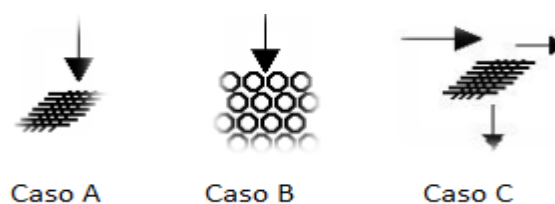


Figura 8.6.- Esquema simplificado de los tipos de filtración

Se puede hacer una clasificación de los tipos de filtros por gravedad, en función de la velocidad de filtración:

- Filtros lentos

La velocidad de filtrado es inferior a  $5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ , estos filtros se utilizan para aguas poco turbias, que no han necesitado coagulación previa. Requieren una granulometría fina de la arena, las retenciones se van a producir principalmente en la superficie del lecho, por lo que tienen bajo uso para aguas potables.

- Filtros rápidos

La velocidad de filtrado es superior a  $5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ , son los filtros usados normalmente en aguas potables, que previamente han pasado por un proceso de decantación y coagulación.

## **8.5.2 DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN DE FILTRACIÓN EN MEDIO GRANULAR**

Se entiende por medio filtrante al conjunto de sustancias sólidas en forma granular que son capaces de retener en su seno la materia en suspensión contenida en un líquido.

### **8.5.2.1 ESTRUCTURA DE UN FILTRO**

El medio filtrante con una granulometría determinada es el responsable de llevar a cabo la retención de los sólidos en suspensión.

La estructura de un filtro está relacionada con el funcionamiento del lecho filtrante puede ser descrito de la siguiente manera:

- **Zona de saturación o de almacenamiento**

El medio filtrante se mezcla con la materia en suspensión. Los sólidos retenidos fugan a capas inferiores. El paso de agua es reducido. La pérdida de carga es elevada en esta zona..

- **Zona de transición o de transferencia**

El medio filtrante contiene una cierta cantidad de materia en suspensión y todavía es capaz de retener la mayor parte 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 medio filtrante solo recibe agua limpia. La altura de esta zona sin usar es la garantía que la calidad de agua filtrada es la requerida. El paso de agua es el inicial y la pérdida de carga es la de diseño.

- **Zona de soporte**

Es el sistema encargado de recoger el agua filtrada y durante el lavado del filtro distribuir uniformemente el aire y el agua de lavado. Esta zona en general del mismo material base que el medio filtrante pero de mayor granulometría.

Las 4 zonas pueden verse gráficamente en la figura 8.7.

### **8.5.2.2 PROCESO DE FILTRACIÓN**

El proceso de filtración puede ser descrito de la siguiente manera:

- La zona de transferencia se desplaza en sentido del flujo del agua.
- La altura de la zona de saturación aumenta.
- La altura de la zona no usada disminuye.

- Paralelamente, la pérdida de carga aumenta a medida que el filtro va saturándose.

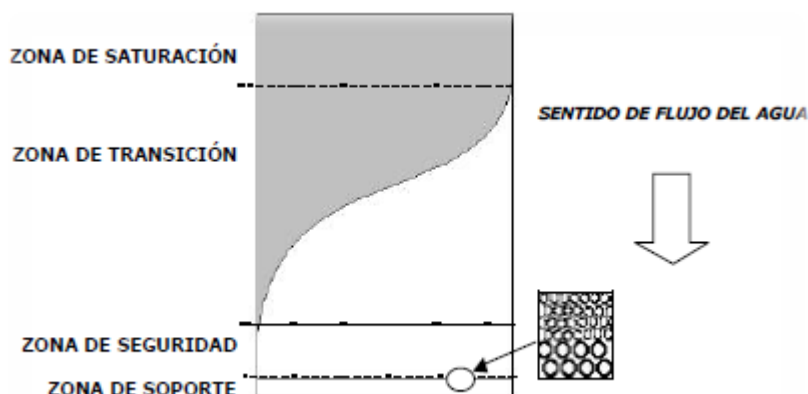


Figura 8.7.- Representación gráfica simplificada del proceso de filtración

El ciclo de filtración se da por terminado cuando la zona de transferencia 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 este instante, si se continuara filtrando podría suceder que la materia retenida empezara a fugar y/o que las partículas del medio filtrante por acción de la presión empezaran a romperse.

### 8.5.3 LOS MEDIOS FILTRANTES

#### 8.5.3.1 LA MATERIA PRIMA

En principio cualquier materia prima podría ser empleada como material base para la fabricación de un medio filtrante. En la práctica, únicamente materiales muy estrictamente seleccionados y procesados son capaces de proporcionar una calidad de agua aceptable.

De esta manera se puede disponer de los materiales con las propiedades más adecuadas a cada proceso de filtración.



En los procesos de filtración objeto del estudio, y teniendo en cuenta la calidad del agua a tratar y de la calidad del agua requerida, las características a considerar de la materia prima son:

- Pureza.
- Las pérdidas por fricción
- La densidad aparente.
- La reactividad química.
- La porosidad.
- La forma.
- La microestructura

#### **8.5.3.2 LA FABRICACIÓN O PROCESADO DE LA MATERIA PRIMA DE LOS MEDIOS FILTRANTES**

El procesado de la materia prima es una fase en la cual se aplica todo el conocimiento de los principios de funcionamiento de la operación de filtración.

En los procesos de filtración objeto del estudio las características que se han de conferir al material durante su fabricación son:

- La granulometría: determinada básicamente por la talla efectiva y el coeficiente de uniformidad.
- La talla hidráulica.

#### **8.5.3.3 EL DISEÑO DE LA APLICACIÓN DE LOS MEDIOS FILTRANTES**

El diseño de una instalación de filtración es la fase en la cual se combina adecuadamente las características que se han conferido al producto en las etapas de fabricación y procesado.

En los procesos de filtración objeto del estudio para el diseño y la operación de la instalación de filtración se han de considerar los siguientes parámetros:

- La selección y combinación de los medios filtrantes: filtros monocapa, bicapa o tricapa.
- La velocidad de filtración.
- La altura del lecho filtrante.
- La pérdida de carga del lecho
- La velocidad del aire y del agua de lavado, y la expansión del lecho.

Características	Antracita filtrante AQUA-CITE	Arena filtrante AQUA-SAND	Carbonato cálcico JURAPERLE JW
<b>Materia prima</b>			
Pureza en materia prima base	> 92% Carbono	> 97 SiO <sub>2</sub>	> 99,1% CaCO <sub>3</sub>
Pérdida por fricción en 3 años	< 0,4 %	No relevante	No relevante
Densidad aparente	720-740 kg/m <sup>3</sup>	1.500 kg/m <sup>3</sup>	1.500 kg/m <sup>3</sup>
Reactividad química (20% HCl al 24 h)	< 1% masa	< 1% masa	Elevada
Porosidad	Baja	Baja	Elevada
Forma	Angulosa	Esférica	Irregular
Microestructura	No relevante	No relevante	Cristalina
<b>Procesado</b>			
Granulometrías estándar	0,8-1,6 mm 1,4-2,5 mm 2,5-4,0 mm	0,4-0,8 mm 0,7-1,2 mm 1,0-2,0 mm	1,0-2,0 mm 1,2-1,8 mm 1,8-2,5 mm 2,5-4,0 mm
% material mayor que tamaño de partícula	< 5%	< 5%	No relevante
% material menor que tamaño de partícula	< 5%	< 5%	No relevante
Talla hidráulica	1,15 mm 1,85 mm	0,59 mm 0,90 mm	No relevante

Figura 8.8.- Comparativa de las características de la antracita filtrante frente a la arena filtrante y con el carbonato cálcico

De manera simplificada se puede decir:

- La antracita filtrante es un medio cuyas características permiten la eliminación de los sólidos en suspensión de un gran tamaño.
- La arena filtrante es un medio cuyas características permiten la eliminación de los sólidos en suspensión de pequeño tamaño.

- El carbonato cálcico es un medio cuyas características permiten su utilización en el proceso de postratamiento o ajuste del pH y remineralización del agua osmotizada.

#### **8.5.4 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO**

Finalmente se ha seleccionado para este proyecto un filtro bicapa antracita-arena.

La filtración en doble capa antracita-arena filtrante es el sistema más eficiente de eliminar los sólidos en suspensión.

El filtro bicapa antracita-arena aprovecha las ventajas de combinar ambos medios:

- **La antracita**

Una baja densidad, una granulometría generosa y forma angulosa proporcionan una elevada capacidad de retención de sólidos en suspensión en la parte superior del lecho.

- **La arena**

Una elevada densidad, una granulometría pequeña y una forma redondeada proporcionan la garantía de una fuga nula de sólidos.

- **La grava soporte**

Una elevada densidad, una distribución granulométrica adecuada (al menos 2 capas) y un espesor suficiente permiten el reparto uniforme del aire y el agua de lavado en toda la sección del filtro.

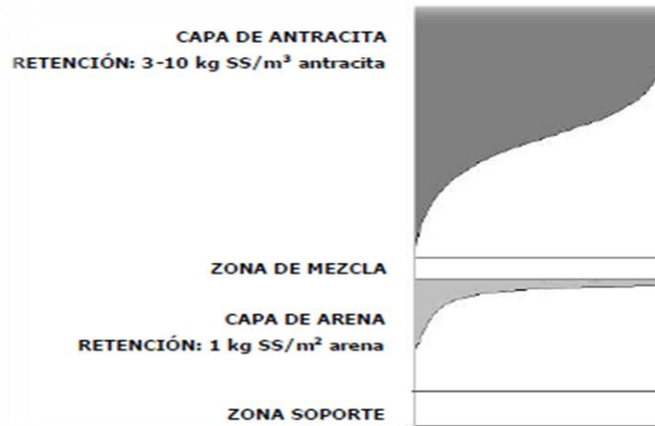


Figura 8.9.- Representación gráfica simplificada del funcionamiento de un filtro bicapa

Figura 8.9.- Filtro bicapa antracita-arena

El máximo rendimiento de la doble capa de antracita y arena con la combinación adecuada de granulometrías (aparte de la grava soporte) permitirá retener entre 4 y 11 kg de SS/m<sup>3</sup> volumen de medio filtrante y por ciclo de filtración.

Para obtener un filtro bicapa que cumpla las expectativas de rendimiento que se requiere seguir los pasos indicados en la figura 8.10.

Pasos	Parámetros	Indicadores estándar	Rangos estándar
Determinación de la granulometría antracita	F (calidad agua entrada)	mg/l de SS µm de talla efectiva SS	0,8-1,6 mm ó 1,4-2,5 mm
Determinación de la granulometría arena	F (calidad agua de salida granulometría antracita)	mg/l de SS µm de talla efectiva $d_{h, top} \rightarrow d_{h, bottom}$	0,4-0,8 mm ó 0,7-1,2 mm
Determinación de la granulometría grava	F (granulometría arena)	mm	100 mm de 1,5-2,5 mm 100 mm de 3-5 mm
Determinación velocidad aire/agua contralavado	F (granulometría antracita granulometría arena)	mm	50-60 m/h aire 35-65 m/h agua
Determinación alturas de capas	F (duración ciclo)	h	500-1.000 mm antracita > 500 mm arena
Determinación de la velocidad de filtración	F (calidad de agua entrada calidad agua salida)	mg/l de SS µm de talla efectiva SS	5-30 m/h
Determinación sección paso filtro	F (caudal a tratar)	m <sup>3</sup> /h	-

Figura 8.10.- Representación gráfica simplificada de diseño de un filtro bicapa

El principal problema de este tipo de filtro es la mezcla de las distintas capas.

Únicamente el conocimiento detallado de las características de los medios filtrantes y su correcta combinación junto con las condiciones de explotación adecuadas lo evitan:

- Respetar la relación de la talla hidráulica ( $dh^2$ ) de los medios como única garantía para minimizar la mezcla de capas.
- Mantener la proporción de material con un tamaño de partícula superior o inferior a los límites no supere el 5%.
- Realizar un correcto contralavado del filtro: empleo de aire en una primera etapa de lavado para expandir correctamente ambos medios filtrantes, y empleo de agua para el arrastre de la suciedad retenida.

El espesor de la capa de arena suele oscilar entre 0,7 y 1 m. y la talla efectiva entre 0.8 y 1mm con un coeficiente de uniformidad entre 1,5 y 1,7.

En el caso de lechos bicapa, el espesor de arena es 1/3 del total y sobre ella una capa de antracita de 2/3 del espesor total y talla efectiva entre 1,2 y 2,5 mm.

Se proyecta una instalación de filtración a base de 4 filtros por gravedad, contruidos en hormigón:

- Caudal a tratar = 584 m<sup>3</sup>/h
- Velocidad de filtración = 12 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h

$$S(m^2) = \frac{Q(m^3/h)}{V(m^3/m^2 \cdot h)}$$

Por tanto:

$$S = 584 / 12 = 48,7 \text{ m}^2$$

Utilizando 4 filtros, la superficie de cada uno de ellos resulta:

$$S = 48,7 / 4 = 12,7 \text{ m}^2$$

Se ha seleccionado una disposición cuadrada de 3,5 × 3,5 (m)

La composición del relleno soporte se indica a continuación.

Medio Filtrante	Relleno soporte (Grava)	
	Altura	Granulometría
Arena	400 mm	0,4-0,8 mm
Antracita	800 mm	0,8-1,6 mm

Figura 8.11.- Relleno filtro arena-antracita

Finalmente tomaremos como altura:

$$H(m) = 1,2 \text{ (0,4 + 0,8)}$$

Para evitar problemas como salpicaduras o que pueda llegar a rebosar, sobredimensionamos la altura en 30 cm. por lo que la altura final resultante es:

$$H = 1,5 \text{ m}$$

Por tanto las dimensiones de nuestra instalación de filtración será:

$$3,5 \times 3,5 \times 1,5 \text{ m}$$

El canal de evacuación de agua de lavado será de disposición central, superpuesto al de recogida de agua filtrada y distribución de aire y agua de lavado.

- **Lavado por aire y agua**

El lavado de los filtros se realiza mediante circulación a contracorriente de agua y aire, simultáneamente.

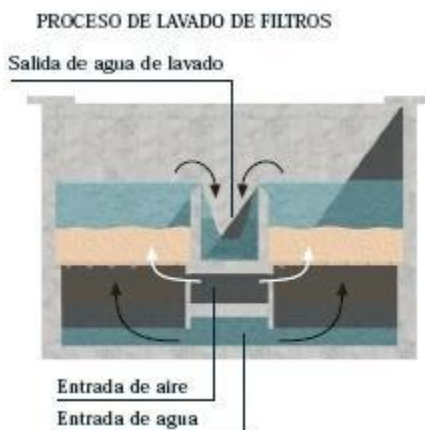


Figura. 8.12.- Lavado filtros por agua

#### - Lavado por aire

Para el lavado por aire, se adopta una velocidad específica de,  $V = 60 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , con lo cual el caudal requerido será:

$$A (\text{m}^3\text{N} / \text{h}) = S (\text{m}^2) \times V (\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2)$$

$$A = 12,7 (\text{m}^2) \times 60 (\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2) = 762 \text{ m}^3\text{N} / \text{h}$$

Se incluyen dos grupos motosoplantes (uno de reserva), de la capacidad anteriormente citada. Dichas soplantes estarán dotadas de cabinas de insonorización

#### - Lavado por agua

De acuerdo con la composición del medio filtrante, se adopta una velocidad específica del agua de lavado de  $50 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , con lo cual, el caudal requerido será:

$$Q (\text{m}^3 / \text{h}) = S (\text{m}^2) \times V (\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2)$$

$$Q = 12,7 (\text{m}^2) \times 50 (\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2) = 635 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se incluyen dos grupos motobombas (uno de reserva), con un caudal unitario de 650 m<sup>3</sup>/h. El canal para distribución de los fluidos de aire y agua de lavado será de fondo plano, con una sección en el origen calculada en función del caudal de agua de lavado. El lavado del lecho de arena se realiza en tres etapas a contracorriente:



Figura 8.13.- Esquema de lavado de filtros

El agua procedente del lavado de filtros será conducida por gravedad a cabecera de planta, dirigiéndola al pozo de gruesos.

## 8.6 DESINFECCIÓN. RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

El espectro electromagnético comprende muchos tipos de radiación, cada uno de las cuales comprende un intervalo definido por una magnitud característica, que puede ser la longitud de onda ( $\lambda$ ) o la frecuencia ( $f$ ).

La siguiente figura muestra las diferentes ondas del espectro electromagnético:

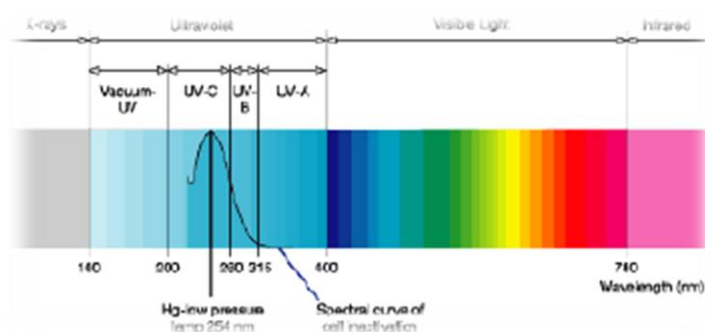


Figura 8.14.- Espectro electromagnético

Los rayos UV son ondas electromagnéticas de corta longitud de onda, más corta (y por lo tanto de mayor frecuencia y energía) que la luz visible. Se extienden



desde los 100 nm hasta los 400 nm. A pesar de estar fuera del espectro de luz visible por nuestros ojos (380 a 780 nm), es posible reconocer un fluorescente de UV debido a un colorante que llevan incorporado.

### **8.6.1 CLASIFICACIÓN DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA**

La radiación UV consiste en rayos UV-A, UV-B y UV-C, según su longitud de onda:

- La radiación UV-A tiene longitud de onda larga (entre 320 y 400 nm). Constituye el 98% de la radiación UV contenida en la radiación solar. Puede atravesar la capa de ozono, el vidrio y la dermis profunda de la piel.
- La radiación UV-B tiene longitud de onda media (de 290 a 320 nm). Causa el mayor daño inmediato a la piel en la forma de bronceado. Es la principal causa de cáncer de piel. Se puede reducir notablemente a su paso en las nubes y en los lentes y ropa.
- El tipo C tiene longitudes de onda corta (de 200 a 290 nm). Son los más cortos y los potencialmente más dañinos de los rayos UV. Estos son absorbidos por la estratosfera gracias a la capa de ozono. Sin embargo, existen lugares del planeta donde, debido a la contaminación, esta protección ya no es segura. Se usa para el tratamiento del agua, ya que la radiación UV de 253,7 nm es la que tiene mayor capacidad germicida.

### **8.6.2 DESINFECCIÓN CON UV**

Cuando están expuestos a la luz del sol, se eliminan los gérmenes y las bacterias y los hongos se previenen de separarse. Este es un proceso natural de desinfección. Sin embargo, puede usarse más eficientemente aplicando la radiación UV de forma controlada. La desinfección con rayos UV es un proceso físico, a diferencia de la cloración y ozonificación que son

procesos químicos. Se usa principalmente en piscinas y plantas de tratamiento de agua. No deja efecto residual, por lo que no se puede determinar en el agua la cantidad aplicada en forma fácil. No es aconsejable para acueductos.

El potencial de las reacciones con UV para producir subproductos orgánicos es insignificante ya que las intensidades requeridas para la desinfección con UV son menores que las que se requieren para causar efectos fotoquímicos. Sin embargo, dosis elevadas de UV pueden oxidar materia orgánica y formar, potencialmente, esos subproductos.

La radiación UV penetra la pared celular de los microorganismos y es absorbida por los materiales celulares, produciendo mutaciones en su ADN que resultan letales en los organismos unicelulares y que sin serlo de forma instantánea en otro tipo de organismos sí puede provocar su debilitamiento o detener su reproducción. Las bacterias, gérmenes, virus, algas y esporas mueren al contacto con la luz. El ADN de las células de los microorganismos absorbe la máxima cantidad de UV cuando la longitud de onda de los rayos UV es de 254 nm.

### **8.6.3 FACTORES QUE AFECTAN LA DESINFECCIÓN CON UV**

- **Temperatura**

La eficiencia de la lámpara aumenta con la temperatura, teniendo a los 40°C los mejores resultados. Aún así, el efecto de la temperatura en el desempeño de los rayos UV es menor que en los desinfectantes químicos como ozono y cloro.

- **pH**

Como el mecanismo de inactivación con UV es un proceso físico, el pH no afecta directamente la eficiencia de la desinfección. Sin embargo el pH puede afectar indirectamente la eficiencia de la inactivación al afectar las características de los materiales de adsorción de la luz UV.

- **Turbiedad**

La penetración de los rayos, y por lo tanto la eficiencia de la desinfección, depende de la turbiedad del líquido, ya que ésta podría proteger a los microorganismos de la radiación.

- **Distancia a la fuente de radiación**

La intensidad luminosa de la lámpara y por lo tanto la efectividad de la desinfección es inversamente proporcional a la distancia entre el punto de emisión de los rayos y el punto de contacto con el agua.

#### **8.6.4 USO DE LAS LÁMPARAS DE UV**

La radiación UV se puede producir usando lámparas de vapor de mercurio (o más recientemente de antimonio) de baja presión e intensidad baja/alta o de media presión y alta intensidad. Es importante que las lámparas germicidas tengan las correspondientes protecciones, ya que el impacto de la radiación UV en los ojos tiene un efecto nocivo para la salud.

Las lámparas de presión baja generan un 85% de radiación de 254nm de longitud de onda, lo cual las hace muy eficientes. Las lámparas de presión media en cambio, generan entre un 7 y un 15% de radiación cerca de los 254 nm.

Existen varias configuraciones físicas para las lámparas en la desinfección de agua. Las lámparas básicamente pueden estar sumergidas en el líquido o suspendidas fuera de él.

- **Lámparas sumergidas en el líquido.**

La lámpara de UV se aísla colocándola en el centro de un tubo de cuarzo (ya que el cuarzo es uno de los pocos materiales casi totalmente transparentes a la radiación UV). Esto es con el fin de evitar riesgos si el agua llegara a entrar en contacto con las conexiones eléctricas. Dentro de las lámparas hay reflectores que garantizan la radiación uniforme en la

superficie. El agua circula alrededor de la lámpara, entrando por un extremo del tubo y saliendo por el extremo opuesto libre de gérmenes

- Lámparas suspendidas fuera del líquido.

Esta configuración consiste en hacer pasar el agua a través de un tubo de teflón (que es relativamente transparente a la radiación UV), el cual se encuentra rodeado por lámparas de UV.

Para propósitos de diseño, es necesario garantizar que exista turbulencia (para que toda el agua pase lo suficientemente cerca de la superficie de la lámpara) y también que se minimice el grado de mezcla transversal (cortocircuitos). De este modo se garantiza la máxima eficiencia.

Para efectos operacionales, es esencial contar con un programa de limpieza efectivo para remover periódicamente los materiales biológicos y químicos que ensucian la envoltura de la lámpara o la superficie de los tubos de teflón.

Para alargar la vida de la lámpara el agua debe estar lo más limpia posible, lo cual además evita que partículas en suspensión dificulten la acción de la lámpara germicida. Esto se logra con los filtros instalados previamente a la lámpara de luz UV en nuestro proceso de tratamiento.

La potencia de las lámparas está directamente relacionada con el volumen de agua a tratar como se puede ver en la siguiente tabla:

Potencia de la lámpara (Watts)	Máximo volumen de agua (litros)
6	80
8	200
15	500
30	1500

**Figura 8.15.-** Potencia de las lámparas germicidas y volumen de agua que tratan

Para tratar volúmenes mayores se pueden instalar varias lámparas en serie.

Las lámparas germicidas tienen una vida limitada, es decir, su capacidad germicida va disminuyendo con el paso del tiempo.

Pasadas unas 2000 horas de funcionamiento, la lámpara pierde el 20% de su potencia. Es recomendable que a las 5000 horas de funcionamiento se cambie el tubo de UV.

### Características de la instalación

#### Standard del efluente a tratar

Caudal .....	584 m <sup>3</sup> /h.
Sistema .....	WEDECO TAK55HD
Sólidos en suspensión .....	≤20 mg/l
Transmitancia .....	>55 %

#### Garantías de desinfección

Nº de coliformes fecales.....	200 coliformes fecales/100 ml (coliformes fecales medio geométrica a 30 días)
-------------------------------	---

#### Requerimientos de instalación

Nº de canales .....	2
Nº de bancos/canal .....	1
Nº de módulos/banco .....	4
Nº de lámparas/módulo .....	12

#### Dimensiones:

Anchura canal .....	950 mm
Longitud total .....	6.500 mm
Altura total canal .....	1.105 mm
Lámina de agua .....	710 mm

Se ha previsto un tercer canal de by-pass.

### Características del sistema

Disposición de las lámparas .....	Paralelas al flujo
Nº de lámparas .....	96

Nº de módulos .....	8 (4 módulos/bancada, 1 bancada / canal)
Nº de lámparas por módulo .....	12
Tipo de lámpara.....	U.V. de baja presión (WEDECO SPEKTROTHERM 32143HP)
Consumo nominal por lámpara .....	330 W
Salida UV-C (254 mm) .....	150 W de potencia germicida
Longitud de arco .....	1.430 mm
Garantía de vida de las lámparas .....	12.000 horas

### **Regulación de nivel**

Rebosadero basado en conductos de acero inoxidable insertados en canal, diseñado para garantizar un nivel mínimo de agua en el canal y asegurar que las lámparas se mantengan sumergidas en un amplio rango de caudales.

### **Sistema automático de limpieza**

Es un sistema automático de rascado, puramente mecánico, sin adición de productos químicos. Está montado en los módulos para limpiar los depósitos orgánicos e inorgánicos sobre los tubos protectores de las lámparas. El sistema está permanentemente controlado por el PLC, posibilitando un ajuste completamente automático.

### **Regulación de la intensidad de U.V.**

Control automático, mediante PLC, de la producción UV-C entre un 50 y un 100%, dependiendo del caudal, transmitancia UV, ensuciamiento de las lámparas y envejecimiento de las mismas.

***LÍNEA DE FANGOS***





## 9. INTRODUCCIÓN

A lo largo de algunos de los procesos de depuración estudiados con anterioridad, se van a producir unos lodos o fangos con unas concentraciones de sólidos en suspensión muy diluidas, que hay que concentrar y tratar antes de su evacuación de la planta de tratamiento de las aguas residuales.

Dentro de los procesos generadores de estos fangos, en las plantas depuradoras de aguas residuales, se encuentran entre otros:

- **Decantación**

La concentración de estos lodos va a depender del tipo de sólidos, de las características del equipo utilizado, así como de la velocidad de decantación y tiempo de retención utilizados en el diseño.

En plantas de tratamiento urbanas, la concentración de estos fangos primarios varía entre un 1,5 y un 2,5%, estando constituidos en una parte importante de su composición por materia orgánica biodegradable y en consecuencia van a presentar unos valores de DBO (demanda biológica de oxígeno) en principio muy elevados.

- **Procesos biológicos**

En este tipo de procesos se generan unos fangos compuestos en su mayor parte por la biomasa formada en los mismos. Dependiendo del tipo de proceso utilizado, así será la cantidad de fangos formados que es preciso eliminar del sistema.

La concentración de estos fangos es muy baja, pues varía desde un 0,8% en un proceso de lodos activos convencional hasta un 0,5-0,6% para oxidación total. En este caso, se considerará una concentración de 0,6%.

Una característica fundamental de estos fangos es que se trata en su mayoría de materia orgánica fácilmente biodegradable.

## 9.1 OBJETIVO Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO

El objetivo fundamental de los procesos de tratamiento de fangos, es la obtención de un sólido estable, con un grado de deshidratación adecuado, que sea fácilmente evacuable de la planta depuradora mediante camión u otro medio de transporte, a partir de los lodos generados en diversos procesos.

Las misiones fundamentales que tienen asignados los diferentes procesos de tratamiento de fangos, son los siguientes:

- Concentrar los fangos diluidos obtenidos en diferentes procesos de la planta depuradora, de tal forma que el resto de los tratamientos de fangos resulten de menor tamaño, al obtener un menor volumen.
- Destruir la materia orgánica biodegradable presente en los fangos concentrados, con el fin de conseguir su estabilidad.
- Deshidratar los fangos estabilizados, de tal forma que se obtenga un sólido, fácilmente transportable en la caja de un camión a destino final.

## 9.2 PROCESOS UTILIZADOS EN TRATAMIENTO DE FANGOS

Para llevar a cabo las diferentes misiones indicadas anteriormente, los procesos utilizados habitualmente, son los siguientes:

- **Espesado**

Los lodos o fangos purgados en los diferentes procesos de la planta depuradora, presentan unas concentraciones muy bajas en sólidos en suspensión, siendo preciso aumentar dicha concentración con el fin de que los equipos de los sucesivos tratamientos de fangos resulten de un menor tamaño.

Los sistemas utilizados para espesado de fangos son normalmente dos:

- Espesado por gravedad: Los equipos son muy parecidos a los decantadores, variando los parámetros de diseño.
- Espesado por flotación: Se utilizan unos equipos similares a los sistemas de flotación utilizados en la eliminación de sólidos en suspensión.

#### • Estabilización

En la composición del fango, una parte importante del mismo es materia orgánica biodegradable, como ocurre con todos los procedentes de los procesos biológicos y en consecuencia no son estables, siendo imprescindible su estabilización antes de su evacuación de la planta depuradora.

Se entiende por estabilización la destrucción de la materia orgánica biodegradable presente en los fangos.

Dentro de los sistemas de estabilización utilizados, se encuentran los siguientes:

- Estabilización química: En este caso la estabilización del fango se consigue mediante la dosificación de determinados reactivos químicos, fundamentalmente cal.
- Estabilización biológica: El mecanismo de destrucción de la materia orgánica en este caso es mediante microorganismos, al igual que en los procesos biológicos utilizados en el tratamiento del agua residual.

Los dos sistemas utilizados son por vía aerobio o bien por vía anaerobia. En el caso de la estabilización biológica de los fangos, se suele denominar “digestión”.

- **Deshidratación**

El fango espesado y estabilizado tiene una concentración todavía muy baja, encontrándose en forma líquida y con un volumen importante.

Con el fin de poderlo evacuar de la depuradora y enviarlo a destino final, el último tratamiento a que se le somete es a un proceso de deshidratación.

Dentro de los procesos de deshidratación utilizados se encuentran:

- Centrifugación.
- Filtración.

Como sistemas de filtración se utilizan eras de secado, filtros a presión y de bandas.

Con los procesos de deshidratación, se obtiene un sólido, con unos grados de sequedad variables entre el 20 y el 50%, dependiendo del tipo de proceso utilizado, fácilmente evacuables por camión de la planta depuradora, a destino final.

### **9.2.1 ESPESAMIENTO. OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO**

Los lodos obtenidos en los diferentes procesos de la depuradora, tienen una concentración muy baja en sólidos en suspensión, siendo precisa su concentración previa a cualquier tratamiento posterior, con el fin de reducir su volumen y facilitar los trabajos posteriores.

Como ya se ha indicado anteriormente, los sistemas de espesamiento utilizados son por gravedad o por flotación, dependiendo la utilización de uno u otro según el tipo de fangos de que se trate. Ambos procesos son próximos a la decantación y flotación usadas para la eliminación de sólidos en suspensión, pero con unos parámetros de diseño diferentes.

En las plantas urbanas de gran tamaño, los fangos procedentes de decantación primaria se espesan por gravedad, mientras que los fangos

biológicos lo hacen por flotación. En instalaciones medianas o pequeñas, la mezcla de ambos fangos (mixtos) se concentra exclusivamente por gravedad.

En las plantas depuradoras industriales el proceso de espesado de fangos a utilizar dependerá de la composición y características de los lodos generados.

En el caso de que se traten conjuntamente fangos de diferente naturaleza, es conveniente su homogeneización previa, con el fin de que la alimentación al espesador sea lo más constante posible.

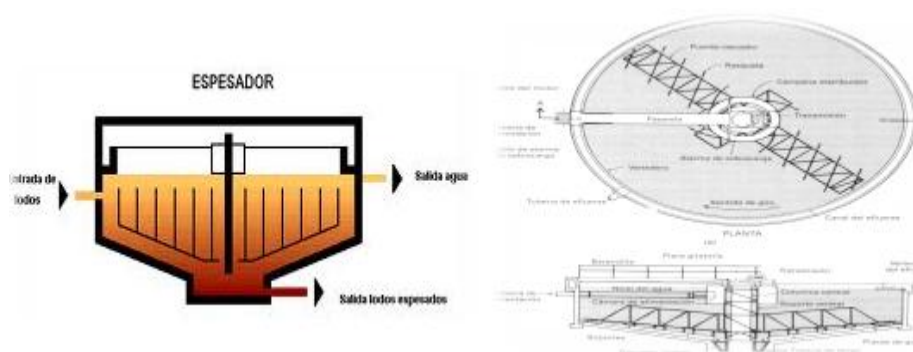


Figura 9.1.- Espesador por gravedad

### 9.2.1.1 NORMAS GENERALES DE DISEÑO

- A diferencia con los decantadores, los espesadores son siempre de tipo circular y de tracción central.
- Los espesadores de diámetro inferior a 5 m generalmente son estáticos, con una inclinación del fondo entre 60 y 45°. En los de mayor tamaño son dinámicos siendo la inclinación del fondo próxima a 1:10, aunque varía de unos fabricantes de equipos a otros.
- Debido al elevado tiempo de retención del fango en los espesadores y su elevada carga orgánica, tienen tendencia a generar olores desagradables, sobre todo en verano, por lo que es práctica habitual utilizar equipos cerrados.

- Debido a la alta carga orgánica y de sólidos en suspensión, el agua sobrenadante se envía a cabeza de tratamiento, presentando un grado de contaminación importante.
- En este tipo de equipos no se utilizan reactivos para mejorar el espesado.
- La línea de descarga de fangos debe ser de diámetro elevado, para evitar problemas de atascamiento.
- En plantas industriales cuyo fango a espesar no contenga materia orgánica, y en consecuencia del espesador se pase directamente a deshidratación de fangos, hay que prever un volumen adicional para almacenamiento.

#### **9.2.1.2 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO**

En el presente proyecto se ha adoptado la solución de espesamiento por gravedad. El espesamiento por gravedad se lleva a cabo en unos tanques similares a los utilizados para decantación, obteniéndose por el fondo un fango espesado y por superficie un líquido clarificado que se envía a cabeza de tratamiento. Este proceso se basa en la diferencia de densidad entre el agua y sólidos en suspensión a espesar siendo el proceso más utilizado en espesamiento.

Excepto los de pequeño tamaño que son estáticos, estas unidades disponen de un sistema de piquetas instaladas sobre las rasquetas barredoras de fondo que se desplazan suavemente, generando caminos de salida para el agua en su desplazamiento hacia superficie.

- Los tiempos de retención están entre comprendidos entre 24 y 36 horas, adoptándose en este caso un Tr de 30 horas.
- Los fangos espesados por gravedad en las EDAR alcanzan unas concentraciones entre el 5 y el 8 %. En este caso se tomará un 6 %.

- La carga de sólidos e hidráulica así como el tiempo de retención y grado de espesamiento en fangos de plantas industriales van a depender del tipo de fango a espesar.

Tipo de fangos	Carga sólidos (kg/m <sup>2</sup> ·d)	Carga hidráulica (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·h)
Primarios	80-120	0,6-1
Biológicos	20-40	0,2-0,4

**Figura 9.2.-** Carga sólidos e hidráulica

- Para realizar los cálculos se tomarán los valores medios de 100 y 30 kg/m<sup>2</sup>·d para la carga de sólidos de los fangos procedentes de los fangos primarios y biológicos respectivamente.

Para determinar las dimensiones de estos equipos, se parte de la carga hidráulica y carga de sólidos que puede soportar la unidad.

En función del tipo de fangos a espesar, se selecciona la carga hidráulica (CH) y carga de sólidos (CS), a utilizar en el diseño, de acuerdo con lo citado anteriormente.

El caudal total de fangos a espesar es:

$$Q_{dec. primaria} = \frac{SS (Kg_{fango}/hab \cdot d) \times Población \times (2/3) \times 100 Kg_{agua} / 2Kg_{fango}}{\rho_{agua} (kg/m^3)}$$

$$Q_{dec. primaria} = [0,09 \times 56.000 \times (2/3) \times 100] / [2 \times 1000] = 168 m^3/d$$

(al 2%).

El valor correspondiente al  $Q_{dec. secundaria}$  se halló en el apartado de la decantación secundaria:

$$Q_{\text{dec. secundaria}} = Q_{\text{fangos reactor}} = 196,46 \text{ m}^3/\text{d} \text{ (al 0,6\%)}$$

Como se ha expuesto anteriormente, solo el 50% de los fangos purgados se destinarán al espesador ya que el resto serán recirculados.

De igual forma en la decantación lamelar se determinó un caudal de 77,35 m<sup>3</sup>/d. Por tanto finalmente se puede determinar el caudal total que entra en el espesador:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{dec. primaria}} + Q_{\text{dec. secundaria}} + Q_{\text{dec. terciaria}} = 168 + 98,23 + 77,35 = 343,58 \text{ m}^3/\text{d}$$

La concentración de los fangos de entrada al equipo se obtendrá aplicando balance másico:

$$Q_{\text{total}} \cdot X_{\text{total}} = Q_{\text{dec. primaria}} \cdot X_{\text{dec. primaria}} + Q_{\text{dec. secundaria}} \cdot X_{\text{dec. secundaria}} + Q_{\text{dec. lamelar}} \cdot X_{\text{dec. lamelar}}$$

$$X_{\text{dec. primaria}} : 2\%$$

$$X_{\text{dec. secundaria}} : 0,6\%$$

$$X_{\text{dec. lamelar}} : 1\%$$

La única incógnita es la concentración de salida de la mezcla. Se obtiene:

$$X_{\text{total}} = 1,37 \%$$

El volumen de la unidad vendrá dado por:

$$\text{Vol} = Q_{\text{total}} (\text{m}^3/\text{h}) \times \text{Tr} (\text{h}) = 343,58 (\text{m}^3/\text{d}) \times (\text{d}/24 \text{ h}) \times (30 \text{ h}) = 429,475 \text{ m}^3$$

Anteriormente, se ha establecido la carga hidráulica y la carga de sólidos que va a soportar la unidad, atendiendo al tipo de proceso utilizado en el tratamiento biológico. De esta forma, la superficie del equipo se determina para ambos casos, tomándose como resultado el mayor de ambos valores



$$S(m^2) = \frac{G_{fangos\ recirc.} (kg/d)}{\rho_{agua} (kg/m^3)}$$

La carga de sólidos  $G_{fangos\ recirc.}$  se ha obtenido como la suma de los sólidos purgados del reactor biológico, ( $G_{fangos\ reactor}=1.178,76\text{ kg/d}$ ), más los sólidos eliminados en el decantador primario ( $G_{dec.primaria}=3.360\text{ kg/d}$ ) más los sólidos eliminados en la decantación lamelar ( $G_{dec.lamelar}=773,5\text{ kg/d}$ )

$$S = G(kg/d)/CS(kg/m^2d) = 5.312,25/30 = 177\text{ m}^2$$

El diámetro del equipo, sabiendo que su geometría es cilíndrica, será:

$$D = \sqrt{(177 \times 4/\pi)} \approx 15\text{ m.}$$

Se tomará como diámetro comercial:  $D_{comercial} = 15\text{ m.}$

Y la altura de la unidad será:

$$H = Vol / S = 429,75 / 177 = 2,42\text{ m}$$

### 9.2.2 ESTABILIZACIÓN. OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO

Como se ha indicado anteriormente, una parte importante de los lodos (sobre todo los procedentes de los tratamientos biológicos), están compuestos por materia orgánica biodegradable, siendo precisa su estabilización antes de su evacuación final.

Esta operación es práctica habitual en las plantas depuradoras de aguas urbanas, así como en aquellas instalaciones industriales que generen fangos de estas características.

Los sistemas de estabilización pueden ser llevados a cabo por vía:

- Biológica (aerobia o anaerobia) que son los generalmente utilizados.
- Química (dosificación de reactivos, normalmente cal), de utilización en algunas plantas de tipo industrial.

En los procesos aerobios el agua se introduce en unas balsas con unos tiempos de retención elevados y al igual que en los procesos biológicos se les introduce aire, con el fin de producir su biodegradación, obteniendo unos fangos muy mineralizados y en consecuencia estables. Este proceso es sencillo de operar y mantener.

El único inconveniente es su elevado consumo de energía.

En los procesos de tipo anaerobio la estabilización o biodegradación tiene lugar en tanques cerrados, con unos tiempos de retención elevados, y a temperatura alta con el fin de acelerar el proceso.

En los procesos de tipo anaerobio se genera biogás utilizado para producir el calor necesario para la calefacción del digestor. En las instalaciones de gran tamaño es factible la obtención de energía eléctrica con este gas, que se consume en la propia depuradora.

Aunque no hay una norma fija, el proceso de estabilización aerobia de fangos se utiliza en depuradoras urbanas para una población menor de 15.000-20.000 habitantes y la anaerobia para valores mayores de los indicados anteriormente.

En plantas industriales se utiliza con frecuencia la estabilización química, consistente en la dosificación de cal.

#### **9.2.2.1 NORMAS GENERALES DE DISEÑO**

- Los digestores son tanques cerrados, de forma cilíndrica, con diámetros de hasta 35 m y alturas hasta 20 m, construidos en hormigón.

- La solera tiene forma troncocónica, y la cubierta superior en forma de cúpula o como la solera, troncocónica.
- En los digestores primarios la cubierta es fija, mientras que en los secundarios esta puede ser fija o bien disponer de una campana metálica flotante que sirva para la acumulación del gas (como en este caso).
- Dentro de los parámetros a controlar “in situ” en los digestores se encuentran el nivel de líquido, presión, temperatura y pH del agua, composición en metano del gas generado, etc. Y en el laboratorio alcalinidad, ácidos volátiles, VSS, concentración de sólidos en suspensión, etc.
- Como se ha indicado, el tiempo de retención hidráulico para un digestor que trabaje a una temperatura entre 34 y 38° C es de 20 días para el primario (generalmente se construyen dos unidades con un tiempo de retención unitario de 10 días) y de 6 días para el secundario (aunque generalmente se adopta 10 días, con el fin de que las tres unidades sean iguales y compensar de esta forma la falta de agitación y calefacción), lo que conlleva que la digestión primaria dispone de doble volumen que en el secundario.
- Es práctica habitual el empleo de dos digestores primarios y uno secundario, con lo cual los tres disponen del mismo volumen e instalando en el secundario los sistemas precisos de agitación, calefacción, etc que permita su utilización como primario en caso de que uno de estos se encuentre fuera de servicio.
- En cada caso concreto, será preciso la realización de los balances energéticos para comprobar si es preciso el aislamiento de los digestores y en consecuencia disminuir las pérdidas de calor de los mismos.

- Debido a que la mezcla de gas-aire es explosiva hay que disponer de los medio para que esto no ocurra. Toda la instalación eléctrica, instrumentos, etc. debe ser antideflagrante.
- En las plantas urbanas, el gas generado en los digestores, se utiliza como combustible en calderas para obtener el calor preciso para la calefacción de los digestores.

Al diseñar la instalación de recuperación de energía hay que tener en cuenta:

- El número mínimo de calderas a instalar será de dos y con una potencia calorífica mayorada entre un 20 y un 30 % de las necesidades energéticas reales.
- Sistema de utilización de combustible alternativo al biogás para la puesta en marcha o funcionamiento cuando por fallo en el sistema no se genere gas o bien no disponga de la calidad precisa.
- Se utilizará un cambiador principal (para almacenamiento del fango de alimentación al sistema de digestión) y tantos intercambiadores secundarios como digestores (para compensar las pérdidas de calor a través de las paredes del equipo y circuitos), con todos sus circuitos de tuberías, bombas, instrumentación para control del proceso, etc.
- En plantas muy grandes el gas se puede emplear en motogeneradores, obteniendo energía eléctrica, y aprovechando el calor de combustión y de los gases de escape para calefacción de los digestores.

#### **9.2.2.2 SOLUCIÓN ADOPTADA. BASES DE DISEÑO**

En el presente proyecto se ha adoptado el proceso de digestión anaerobia por tener un menor consumo energético que el proceso aerobio. Además es más rápido gracias al efecto que tiene sobre el proceso la elevación de la temperatura.

Esta temperatura se consigue gracias a la combustión del biogás generado por el propio proceso. El proceso de digestión anaerobia es utilizado para la estabilización o mineralización de la materia orgánica presente en los fangos generados en la depuradora.

El proceso de biodegradación anaerobia de la materia orgánica, se obtiene como producto final, además del fango estabilizado, el biogás compuesto en su mayor parte por metano y con un poder calorífico importante.

El tipo de digester empleado en la digestión o estabilización de fangos es de mezcla completa y alta carga, en dos etapas. En la primera etapa (digester primario), se utiliza un digester de mezcla completa, provisto de agitación y calentamiento del fango, en el cual tiene lugar la eliminación del 90% de los VSS eliminados en el proceso de digestión.

La segunda etapa consiste en un digester secundario, sin agitación ni calefacción, donde tiene lugar además de la finalización del proceso, el espesamiento de los lodos, así como la obtención de un líquido clarificado que se envía a cabecera de planta. Este segundo digester sirve además como almacenamiento de fango, y si dispone de techo flotante, como es este caso, como almacenamiento de gas.

En plantas urbanas, las bases de diseño de este proceso son:

- Temperatura: 34 - 38° C.
- Tr digester primario (34-36° C): 20 d.
- Tr digester secundario: 6 - 10 d.
- Eliminación VSS: 45 - 50%.
- Carga VSS: 2'0 - 3'0 kg de VSS/m<sup>3</sup>·d.
- Generación de gas: 0'9 m<sup>3</sup>/kg de VSS eliminados.
- Composición biogás: Metano (65 - 70%), Anhídrido carbónico (25 - 30%), resto (vapor de agua, nitrógeno, y pequeñas cantidades de sulfhídrico, amoníaco, etc).

- Poder calorífico del biogás: 5.000 - 5.500 kcal/m<sup>3</sup>.

Como se ha aconsejado en las normas de diseño se ha proyectado tres depósitos (dos en serie para el digestor primario y uno para el secundario) con un tiempo de retención de 10 días y del mismo volumen.

El caudal saliente del espesador se calcula conociendo la concentración del caudal de salida (6%), y la carga de sólidos entrante (5.679,3 kg/día):

$$Q_{\text{digestores}} = (5.312,25 \times 100) / (6 \times 1.000) = 88,5 \text{ m}^3/\text{d}$$

Sabiendo que Tr en los digestores es de 10 días:

$$\text{Vol} = Q_{\text{digestores}} \times 10 = 885,3 \text{ m}^3$$

Por tanto, el digestor primario, formado por dos tanques en serie de iguales dimensiones, y el digestor secundario tendrán un volumen de 885,3 m<sup>3</sup> cada uno.

Se tomará un diámetro de 10 m. La superficie en este caso será:

$$S = \pi \times D^2 / 4 = 78,5 \text{ m}^2$$

Se obtiene la altura:

$$H = \text{Vol} / S = 11,2 \text{ m}$$

Se verifica que la relación H/D es de 1,1 valor típico de diseño.

A continuación se calcula la cantidad diaria de volátiles eliminada en este proceso. Conociendo el caudal másico entrante (5.679,3 kg/d) y que en este caudal el 65% aproximadamente será materia orgánica,

obtendremos la cantidad diaria de VSS eliminada en la digestión aerobia:

$$\begin{aligned} \text{MO contenida en el caudal entrante} &= G_{\text{fangosrecirculados}} (\text{kg/d}) \times 0,65 \\ (\text{kgMO/kg}_{\text{fangos}}) &= 5.312,25 \times 0,65 = 3.452,96 \text{ kg MO.} \end{aligned}$$

Tal y como se indicó en el apartado de bases de diseño, en este proceso se elimina aproximadamente el 45% de VSS. Por tanto:

$$\text{VSS}_{\text{eliminada}} = \text{MO} (\text{kgMO/d}) \times 0,45$$

$$\text{VSS}_{\text{eliminada}} = 3.452,96 \times 0,45 = 1.553,8 \text{ kg/d.}$$

Y el caudal másico saliente del proceso de digestión aerobia será:

$$G_{\text{salida}} = G_{\text{fangos recirculados}} - \text{VSS}_{\text{eliminada}}$$

$$G_{\text{salida}} = 5.312,25 - 1.553,8 = 3.758,4 \text{ kg/d (al 6\%)}$$

Por tanto el caudal volumétrico saliente será, teniendo en cuenta la concentración:

$$Q_{\text{sal.digester}} = \frac{G_{\text{sal.digester}} (\text{kg}_{\text{fangos}}/\text{d}) \times \frac{100 \text{ kg}_{\text{agua}}}{6 \text{ kg}_{\text{fangos}}}}{\rho_{\text{agua}} (\text{kg/m}^3)}$$

$$Q_{\text{sal.digester}} = (3.758,4 \times 100) / (6 \times 1.000) = 62,6 \text{ m}^3/\text{d.}$$

Como se ha indicado anteriormente, la cantidad de biogás generado (Figura 8.3) en este equipo es aproximadamente de 0,9 m<sup>3</sup>/kg de VSS eliminados.

Por tanto:

$$Q_{\text{biogás}} = 1.553,8 \text{ kg VSS/d} \times 0,9 \text{ m}^3/\text{kg VSS} = 1.398,42 \text{ m}^3/\text{d}.$$

El poder calorífico de este combustible varía en función de su composición. Se estimará un PC de 5.500 kcal/m<sup>3</sup>. De esta forma, la potencia calorífica disponible para realizar la calefacción del proceso será:

$$P_{\text{calorífica}} = 1.398,42 \text{ m}^3/\text{d} \times 5.500 \text{ kcal/m}^3 = 7691310 \text{ kcal/d} = 320471,25 \text{ kcal/h} = 372,7 \text{ kW} \text{ (0,001163 kwh /kcal)}$$



**Figura 9.3.** - Biogás generado



### 9.2.3 DESHIDRATACIÓN. OBJETIVOS Y FUNDAMENTOS DEL PROCESO

Los fangos una vez espesados, y estabilizados deben ser deshidratados hasta una concentración que permita su evacuación en fase sólida de la depuradora, mediante camión u otro método de transporte.

Las concentraciones en materia seca de las tortas, deben ser superiores a un 20% para una buena evacuación.

En el caso de lodos procedentes de aguas industriales, que tengan en su composición componentes que determinen su clasificación como residuos peligrosos, es importante conseguir la mayor deshidratación posible, con el fin de reducir a un mínimo los costes del vertedero de seguridad, así como cumplir la normativa de dichos vertederos en cuanto a humedad mínima admisible en sus instalaciones.

Es práctica habitual que los sistemas de deshidratación en las plantas depuradoras no trabajen de forma continua, llevando a cabo los procesos entre 8 y 16 horas diarias y durante 5 o 6 días a la semana, siendo en consecuencia preciso prever algún sistema para la acumulación de fangos.

La elección del sistema adecuado de deshidratación de los fangos, va a venir condicionada entre otros por los siguientes factores:

- Costes de transporte del fango deshidratado. A mayor sequedad de la torta menor peso transportado y en consecuencia menor coste.
- A medida que aumenta la sequedad del fango deshidratado, mayor facilidad de manejo, y menor volumen de lixiviado, tanto si el destino final es vertedero como compostaje.
- Limitaciones fijadas por el vertedero de destino.

- En caso de que el destino final de los fangos sea incineración, es fundamental una buena deshidratación con el fin de reducir los costes energéticos.

Los fangos a deshidratar, tienen en su composición habitualmente un número elevado de partículas coloidales, así como un número importante de finos, lo que da lugar a una mala calidad de las aguas de rechazo, así como a un bajo porcentaje de deshidratación.

Con el fin de mejorar el proceso de deshidratación, es fundamental una acondicionamiento químico previo, que neutralice los coloides presentes así como llevar a cabo una floculación de los finos.

El consumo de reactivos y el tipo de los mismos va a venir condicionado por el tipo de fango a deshidratar, así como el proceso a utilizar.

De forma general, se emplea cal en la deshidratación por filtros a presión, polielectrolitos en filtros banda y centrífugas y sales metálicas con cal en filtración a vacío.

Entre los diferentes métodos para realizar el procedimiento se encuentra:

- **Eras de secado**

Las eras de secado son un sistema muy utilizado para la deshidratación de fangos en pequeñas plantas depuradoras urbanas, no siendo de aplicación en las medianas o grandes por la superficie y mano de obra que requiere su operación.

Estas instalaciones no se emplean en España con poblaciones superiores a 15.000 habitantes.

Una era de secado consiste en un lecho de arena sobre el que se vierte el fango, teniendo lugar dos efectos complementarios:

- Primera etapa: deshidratación por filtración del agua sobre la arena. Esta fase suele durar aproximadamente dos días y es en la que se pierde una mayor cantidad de agua.

-Segunda etapa: evaporación de una parte del agua ligada al fango por la acción del sol y del aire. Esta fase es mucho más lenta y puede tardar entre 15 y 20 días.

Las eras de secado consisten básicamente en una superficie de arena soportada sobre otros materiales más gruesos y que dispone en su fondo de una tubería drenante para recogida de líquido filtrado.

En plantas pequeñas, la retirada de la torta deshidratada se hace manualmente, mientras que en instalaciones grandes (no habituales en Europa) se lleva a cabo mecánicamente.

Entre las ventajas de este sistema se incluyen:

- Bajo coste de implantación.
- Bajo mantenimiento.
- Sequedad elevada.

Entre los inconvenientes destaca la mano de obra precisa para la extracción del fango deshidratado.

#### • Filtros de vacío

Los filtros de vacío consisten en un tambor giratorio, forrado de una tela filtrante y que se encuentra parcialmente sumergido en un depósito en el que se encuentra el lodo.

Interiormente se encuentra dividido en secciones de tal forma que en la parte sumergida se aplica vacío (entre 30 y 60 mm Hg), provocando el paso del agua a través de la tela filtrante, quedando el sólido retenido en la superficie. En la parte exterior del tambor se encuentra una rasqueta que separa el sólido deshidratado de la tela.

Para conseguir un buen filtrado generalmente se lleva a cabo una coagulación - floculación con cloruro férrico y cal, lo que aumenta de forma importante la cantidad de torta obtenida.

La capacidad de filtración de estas unidades es próxima a 30-60 kg /m<sup>2</sup>·h y la sequedad final se encuentra entre 30-35%.

Estas unidades han quedado prácticamente en desuso en este campo, por el coste de implantación elevado, la complejidad del sistema sobre todo de vacío, lo que dificulta y encarece su mantenimiento y el consumo de reactivos.

#### • Centrifugación

La deshidratación por centrifugación consiste en la separación de las partículas sólidas de mayor densidad que el agua presentes en el fango, debido a fuerzas de tipo centrífugo, y utilizando una fuerza entre 500 y 3.000 veces la gravedad.

Dentro de los tipos de centrífugas existentes en el mercado, discos, cesta, camisa maciza, etc. es éste último tipo el empleado en deshidratación de fangos en depuración de aguas. A este tipo de centrifugas se las conoce también como centrífugas decantadoras o “decanter”.

La velocidad de giro depende del tamaño del rotor del equipo, no sobrepasando las 4.000 r.p.m.

Las centrífugas son máquinas que separan las partículas de acuerdo con su densidad y tamaño, de tal forma que las partículas más pequeñas se perderían con el efluente, sin embargo debido a la utilización de polielectrolitos sintéticos, se consigue su floculación y en consecuencia una mayor retención de partículas así como mayor sequedad en la torta.

Para fangos procedentes de plantas depuradoras urbanas, la concentración del fango deshidratado que se puede obtener por centrifugación, varía entre el 20 y 25%.

- **Filtros de bandas**

Estos equipos se desarrollaron en la década de los setenta, implantándose en un gran número de depuradoras. En la actualidad, están siendo desplazados por las centrífugas.

Los filtros de bandas consisten en dos bandas de tela filtrante continuas entre las cuales se introduce el fango, siendo la deshidratación una combinación de fuerzas de gravedad y presión.

El fango previamente floculado, a su entrada al filtro es vertido en la banda superior donde tiene lugar una deshidratación por gravedad.

Posteriormente los fangos caen sobre la banda inferior y cogidos entre ambas bandas a través de una zona en forma de cuña donde se continúa la deshidratación por compresión.

En la última fase de la filtración las dos bandas hacen un recorrido a través de un conjunto de rodillos colocados al tresbolillo y de diámetro descendente, con lo que aumenta la presión del filtrado así como el cambio de posición de las bandas genera un efecto de cizallamiento de la masa del fango, que facilita la evacuación del agua retenida en el mismo. Al final del filtro las dos bandas se separan, desprendiendo el fango deshidratado mediante un rascador.

La capacidad de filtración de una unidad de este tipo viene dada por la anchura de la banda filtrante, existiendo unidades con anchuras entre 1 y 3 m.

La sequedad de la torta en este tipo de unidades es próxima al 25-30%.

La floculación previa es imprescindible, siendo el consumo de polielectrolito entre 3,5 y 4,5 kg por tonelada de materia seca filtrada. Debido a la forma de operar, los filtros de banda trabajan en continuo, teniendo unos requerimientos de mano de obra medios.

- **Filtración a presión**

En la filtración a presión la deshidratación se lleva a cabo forzando la eliminación del agua por aplicación de presión sobre un medio filtrante. Los filtros prensa generalmente utilizados consisten en un conjunto de placas ranuradas de sección cuadrada, colocadas verticalmente y enfrentadas entre sí, sujetas en un bastidor.

Sobre cada una de las caras de cada placa se acopla una tela filtrante de tamaño de poro determinado, las placas se mantienen unidas mediante un pistón, de tal forma que puedan resistir la presión de filtración sin pérdidas de agua.

Durante el proceso de funcionamiento se introduce el fango en la cámara existente entre las telas que cubren dos placas consecutivas y mediante presión conseguir el paso del líquido a través de la tela, dejando sobre la superficie una torta.

El espesor de la torta que se forma está comprendido entre 25 y 35 mm y una carga de 3 a 4 kg/m<sup>2</sup>·h.

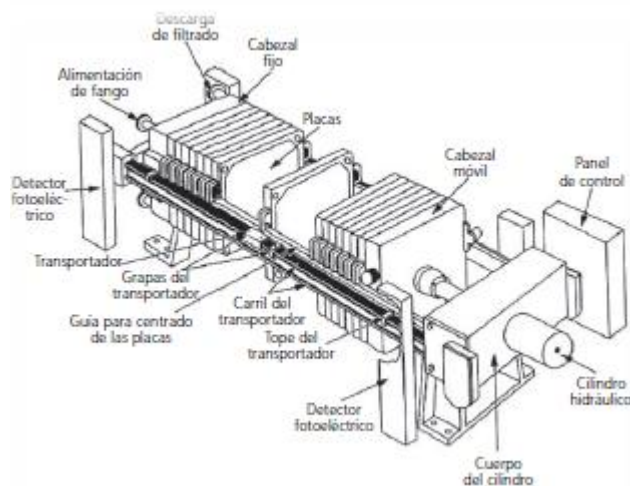
Una vez colmatado en filtro, se procede a un soplado con aire, con el fin de aumentar la sequedad y desplazar el líquido de las líneas. Posteriormente se abre el filtro y se extrae la torta deshidratada. Normalmente los equipos que se utilizan hacen los diferentes ciclos y fases del proceso de filtración de forma automática, incluido la descarga de la torta, mediante sistemas de vibración de las placas.

De acuerdo con lo indicado con anterioridad se deduce que la forma de trabajo de estas unidades es por cargas. A pesar de utilizar unidades totalmente automatizadas, requieren una cierta mano de obra de comprobación de la operación, sobre todo en la fase de descarga de la torta.

Para conseguir una buena sequedad, generalmente es preciso la utilización de cal, lo que conlleva una generación de mayor cantidad de fangos.

De todos los sistemas de deshidratación utilizados, la filtración a presión es la que consigue unos grados de sequedad mayor, llegando en determinados casos a superar el 45-50%. Este es el motivo de empleo de este sistema para la deshidratación de fangos en plantas industriales, en

los cuales por su composición puedan ser clasificados como residuos peligrosos, debido al elevado grado de sequedad que se obtiene y los costos de vertedero, de seguridad.



**Figura 9.4.-** Esquema de filtro prensa

De los diferentes procesos de deshidratación generalmente utilizados, este es el de mayor coste de implantación inicial, precisa más mano de obra para la operación y empleo de cal, siendo su gran ventaja sobre el resto de los sistemas de deshidratación el elevado grado de sequedad que se obtiene, así como la obtención de un efluente muy clarificado debido al elevado porcentaje de capturas.

Para determinadas aguas industriales con un tamaño de partícula a separar muy fina, además de la cal (y cloruro férrico en el caso de que haya que coagular), se puede utilizar precapa, que consiste en la utilización al comienzo de la filtración de una suspensión de diatomeas que forman una capa sobre la tela de poro muy fino.

#### • Centrifugación

##### 9.2.3.1 SOLUCIÓN ADOPTADA. CENTRIFUGACIÓN

La deshidratación por centrifugación consiste en la separación de las partículas sólidas de mayor densidad que el agua presentes en el

fango, debido a fuerzas de tipo centrífugo, y utilizando una fuerza entre 500 y 3.000 veces la gravedad.

Dentro de los tipos de centrífugas existentes en el mercado, discos, cesta, camisa maciza, etc. es éste último tipo el empleado en deshidratación de fangos en depuración de aguas. A este tipo de centrifugas se las conoce también como centrífugas decantadoras o “decanter”.

La velocidad de giro depende del tamaño del rotor del equipo, no sobrepasando las 4.000 r.p.m.

Las centrífugas son máquinas que separan las partículas de acuerdo con su densidad y tamaño, de tal forma que las partículas más pequeñas se perderían con el efluente, sin embargo debido a la utilización de polielectrolitos sintéticos, se consigue su floculación y en consecuencia una mayor retención de partículas así como mayor sequedad en la torta.

Para fangos procedentes de plantas depuradoras urbanas, la concentración del fango deshidratado que se puede obtener por centrifugación, varía entre el 20 y 25%.

### 9.2.3.2 BASES DE DISEÑO. CÁLCULO DE FANGOS DESHIDRATADOS

Los procesos suelen oscilar entre 8 y 16 horas diarias y durante 5 ó 6 días a la semana. En el diseño de esta depuradora se tomaran 8 horas y 5 días.

Para fangos procedentes de plantas depuradoras urbanas, la concentración del fango deshidratado que se puede obtener por centrifugación, varía entre el 20 y 25 %, tomándose este último valor.

El caudal entrante a los equipos de esta etapa es el caudal procedente del proceso de estabilización, y que se calculó anteriormente:

$$Q_{\text{ent}} (Q_{\text{sal. digestión}}) = 62,6 \text{ m}^3/\text{d}$$





#### **9.4 DESODORIZACIÓN**

La desodorización del aire se realiza mediante 3 torres de absorción (scrubers), 1 de ácido sulfúrico, otra de hipoclorito sódico y la última de sosa.

Los elementos de donde se extraerá el aire para su renovación son los siguientes:

- Edificio de pretratamiento y secado de fangos.
- Espesador de gravedad.

#### **9.5 DESINFECCIÓN**

En esta E.D.A.R. no será de aplicación, no obstante se realiza un resumen de los aspectos principales ya que podría ser objeto de estudio para su aplicación, en una futura ampliación.

La desinfección del fango está adquiriendo gran importancia como proceso adicional debido a las restrictivas normas aplicables a la reutilización del fango y a su aplicación al suelo. En la aplicación del fango al suelo, la protección de la salud pública obliga a controlar el posible contacto con organismos patógenos.

Existen muchos medios para conseguir la eliminación de los patógenos presentes en los fangos líquidos y deshidratados. Los métodos que se indican a continuación, se han empleado para conseguir una reducción de patógenos superior a las conseguidas por medio de los procesos de estabilización.

1. Pasteurización.
2. Otros procesos térmicos como el acondicionamiento térmico, secado térmico, incineración, pirolisis, o combustión con deficiencia de aire.
3. Tratamiento a pH elevado, normalmente con cal, a pH superiores a 12 durante 3 horas.
4. Almacenamiento a largo plazo del fango líquido digerido.
5. Compostaje completo a temperaturas superiores a 55 °C y maduración por almacenamiento en pilas durante un mínimo de 30 días.

6. Adición de cloro para la desinfección y estabilización del fango.
7. Desinfección con otros productos químicos.
8. Desinfección con radiación de alta energía.

## **9.6 DESTINO FINAL DE LOS LODOS DESHIDRATADOS**

Los fangos deshidratados en las plantas depuradoras constituyen un residuo que hay que evacuar de la depuradora y darle un destino final.

En las plantas depuradoras industriales cuyos fangos deshidratados contengan elementos que les puedan clasificar como residuo peligroso, su destino final será su retirada de la planta a través de gestor autorizado para su envío a vertedero de seguridad. En este caso no se considera que se genere ningún residuo peligroso.

Cualquiera de las siguientes alternativas es viable, por lo que la elección de una u otra vendrá en función de las posibles aplicaciones y convenios una vez que esté construida.

### **9.6.1 APLICACIÓN DIRECTA SOBRE EL TERRENO**

La aplicación del fango de aguas residuales urbanas se define como la distribución del fango sobre el terreno o inmediatamente por debajo de la superficie del mismo. En comunidades de pequeñas dimensiones y en dimensiones medias la aplicación al terreno es, actualmente, la opción de uso y evacuación de fango más extendida. El fango se puede aplicar en:

- terrenos de uso agrícola.
- terrenos forestales.
- terrenos marginales.
- terrenos preparados especialmente para la evacuación del fango.

En los cuatro casos, la aplicación al suelo se diseña con el objetivo de conseguir un tratamiento adicional del fango, la luz solar los microorganismos que habitan el terreno y la desecación, se combinan para destruir los organismos patógenos y muchas de las sustancias tóxicas presentes en el fango. Los metales de trazas quedan atrapados en la matriz del suelo, y los nutrientes los consumen las plantas y los convierten en biomasa útil.

En los tres primeros casos, el fango se utiliza como un recurso valioso para la mejora de las condiciones del terreno. El fango actúa como acondicionador del suelo para facilitar el transporte de los nutrientes, aumentar la retención de agua, y mejorar la aptitud del suelo para el cultivo. El fango también sirve como sustitutivo parcial de fertilizantes químicos caros.

Los pasos que hay que adoptar en el diseño de un sistema de aplicación al suelo incluyen los siguientes:

1. Caracterización de la cantidad y calidad del fango.
2. Revisión de las normas locales, estatales y federales aplicables.
3. Evaluación y elección del emplazamiento y de la opción de evacuación
4. determinación de los parámetros de diseño del proceso cargas superficie del terreno necesaria, métodos y calendario de aplicación.

#### **9.6.1.1 EXTENSIÓN AL TERRENO E INYECCIÓN DE LODOS**

La aplicación al terreno de los lodos de depuradoras se define aquí como el uso beneficioso del lodo como enmienda del suelo para el terreno agrícola. Debido a la agricultura intensiva, algunos suelos se quedan deficitarios en nutrientes. Los lodos de depuradoras o biosólidos tienen un origen orgánico y por lo tanto pueden proporcionar una enmienda de suelos

que contiene nutrientes esenciales para las plantas en un paquete relativamente equilibrado. El principal nutriente que los lodos no pueden proporcionar en cantidades significativas es

el potasio (k). Algunos suelos son deficitarios en elementos individuales como Zn, que puede ser enmendado por el lodo. La aplicación al terreno de lodos de depuradora depende de muchos parámetros, incluidos:

- Clima y precipitación.
- Estado de nutrientes del suelo existente.
- Cultivos previstos.
- Características del lodo; químicas.
- Potencial de contaminación de cosechas.
- Potencial de contaminación de aguas subterráneas (o superficiales).

#### **9.6.1.2 REVEGETACIÓN DE TERRENOS**

En muchos sitios en que la tierra ha estado sobrecultivada y ha perdido sus nutrientes, se pueden devolver rápidamente las condiciones de trabajo mediante aplicación de lodos de depuradora. Las condiciones de aplicación en este caso están limitadas por los metales que por los lodos, como era el caso de la aplicación al terreno. Así como la pautas orientativas de aplicación de lodos a terrenos de cultivo establecen un límite de 10t SSC/ha/año, no hay límite la revegetación del terreno las tasa varían de 3 a 200 tSSC/ha/año. Ya que la aplicación puede ser por una sola vez o intervalos de cinco años esta aplicación de lodos se efectúa generalmente para revegetar terrenos de pastos sesgados en exceso.

#### **9.6.1.3 RECUPERACIÓN DE TERRENOS DAÑADOS**

La aplicación de lodos de depuradoras a la revegetación de zonas mineras se ha venido usando durante décadas como la minería es una práctica internacional, existen oportunidades de utilizar grandes cantidades de lodos para restaurar estos paisajes en casi todos los países. Se han encontrado dificultades con la revegetación debido al pH de estos terrenos, su escasa capacidad

de campo (incapacidad de retener mucho agua ) y la presencia de altas concentraciones de metales pesados. Los terrenos potencialmente adecuados para la restauración en esta forma son:

- Zonas mineras de carbón.
- Graveras y areneras.
- Otras zonas mineras, por ejemplo, cinc, uranio, etc.
- Zonas de cobertura de vertederos.
- Zonas explosionadas para roca, es decir canteras.
- Contención de playas.
- Zonas desérticas.
- Escombreras de escorias de minería, carbón, etc.

Las tasas típicas de aplicación de lodos para revegetar zonas son una o dos órdenes de magnitud mayores que las del lodo aplicado a zonas de cultivos como tal, los problemas son: Lixiviación de nitrógeno, aguas subterráneas; escorrentías de metales no ligadas al suelo y transmisión de patógenos.

#### **9.6.1.4 EXTENSIÓN SOBRE TERRENOS EN BOSQUES**

La aplicación del terreno en zonas forestales también es un uso final beneficioso. Sin embargo, no siempre los bosques están a una distancia de viaje económico de las depuradoras de aguas. Otra dificultad es la mecánica de obtener una extensión uniforme de lodo debido a las frecuentes interrupciones por la presencia de árboles. La metodología

de aplicación es pulverización a pistola y esto también puede dañar la corteza de los árboles si la fuerza es excesiva. La extensión del lodo se hace más sencilla cuando el acceso es más frecuente, como puede ser el caso de las pistas o cortafuego además de las dificultades técnicas asociadas con la propia extensión y las implicaciones de costes de transportes hay otras limitaciones relativas a los componentes del lodo incluidos los patógenos y lixiviación de nitratos.

### 9.6.2 COMPOSTAJE

El compostaje de los fangos de depuradora es un proceso biológico a través del cual la materia orgánica de los mismos sufre una biodegradación en condiciones aerobias y termofílicas de tal forma que el producto final sea más estable y seco que se denomina compost, con emisión de CO<sub>2</sub> y agua. Debido a que el proceso tiene lugar de forma termofílica, el producto final está exento de problemas sanitarios.

Durante el proceso de compostaje hay una destrucción entre el 20 y 30% de los VSS presentes en el fango.

En el compostaje se obtiene un producto final de aplicación agrícola o forestal, como mejorante de las características físicas, químicas y biológicas del suelo y aporte de N y P.

El problema más serio con que se encuentra el compost en nuestro país es de comercialización.

El compostaje de los fangos puede llevarse a cabo de forma individual o combinado con diferentes productos, como residuos urbanos, serrín, residuos forestales, paja, etc.

Los principales sistemas de compostaje utilizados son:

- Pila estática aireada

El sistema de pila estática aireada consiste en una red de tuberías de conducción de aire sobre las que se distribuye una mezcla de fango deshidratado y un material soporte. En un sistema típico de pilas estáticas el material soporte suele estar constituido por astillas de madera que se mezclan con fango deshidratado mediante una mezcladora de paletas o de tambor giratorio o mediante equipos móviles tales como una pala escavadora. El material se composta durante un periodo de 21 a 28 días, y se madura durante otro periodo adicional de 30 días o más. Las pilas suele oscilar entre 2 y 2,5 m. A menudo, para aislar, la pila, se dispone de una capa de compost cribado encima de la misma. Para el suministro de aire es frecuente emplear tuberías de plástico corrugado y, para mejorar el control del sistema de aireación, se recomienda que cada una de las pilas disponga de un sistema de soplante individual. El cribado del compost madurado se suele llevar a cabo para reducir la cantidad de producto final que precisa ser evacuado y para recuperar el material de soporte y de la emisión de olores, en muchas de las instalaciones más modernas se cubren la totalidad de los elementos más importantes del sistema.

- **Pilas estáticas**

En el sistema de pilas volteadas las operaciones de mezclado y cribado son similares a las empleadas en los de pilas estáticas aireadas. La altura es de 1 a 2 m, con una anchura en la base de 2 a 4,5 m. Las pilas se mezclan y voltean periódicamente durante el tiempo de compostaje. En algunas aplicaciones se incorpora aireación mecánica adicional. En condiciones de operación normales, las pilas se voltean un mínimo de 5 veces mientras la temperatura se mantiene por encima de los 55 °C. Esta operación suele ir acompañada de la liberación de olores desagradables. El periodo de compostaje oscila entre 21 y 28 días.

### **9.6.3 VERTEDERO**



En España entre un 27 y un 30% de los fangos generados en plantas depuradoras urbanas, son enviados a vertedero, generalmente al mismo que los residuos sólidos urbanos.

# ***INSTALACIONES ELÉCTRICAS***



## 10.1 ACOMETIDA EN M.T. 20 KV

El entronque se realizará desde la línea de M.T. existente. La derivación se llevará en línea aérea mediante apoyos metálicos hasta la valla de la E.D.A.R., desde donde se realizará en línea subterránea, discurriendo en zanjas, con lecho de arena y banda de señalización con protección por losa de hormigón o rasilla, hasta la celda de entrada del centro de transformación.

## 10.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El edificio donde se instalarán las celdas de maniobra y protección cumplirá las normas vigentes para este fin. Dichas celdas serán las siguientes:

- 1 Celda de entrada CGM.
- 1 Celda de salida CGM.
- 1 Celda de seccionamiento CGM24.
- 1 Celda de protección general CGM24.
- 1 Celda de medida 3 TI + 3TT, CGM24.
- 1 Armario de medida de energía.
- 1 Transformador de 1.250 KVA.

Se instalarán los puntos de alumbrado interior y los equipos autónomos de emergencia, que sean necesarios.

En cuanto a protección y seguridad, se instalarán placas de peligro de muerte, primeros auxilios, banqueta pértiga y guantes aislantes, etc. Según normas vigentes, se instalará también un extintor no propagador de la electricidad y un equipo automático contra incendios por disponer el centro de un volumen superior a 600 l de aceite.

Existirá una red de tierra particular para el centro de transformación a la que se conectarán todas las partes metálicas existentes. El neutro del transformador se conectará a una tierra independiente de aquélla. Todo el centro cumplirá los requisitos del reglamento de centros de transformación en vigor.

---

Características de los equipos del centro de transformación:

- Celdas de entrada y salida:

1 módulo metálicos CGM24-CML (extinción y aislamiento en SF6) conteniendo en su interior los siguientes aparatos y materiales debidamente montados y conexiados:

- Un interruptor III rotativo con las siguientes posiciones: conexión, seccionamiento y puesta a tierra ejecución fija, mando manual. Tensión nominal de servicio 24 KV, intensidad nominal 400 A, capacidad de cierre sobre cortocircuito 40 KA. cresta.
- Un seccionador de puesta a tierra de mando manual.
- Tres captadores capacitivos de presencia de tensión.

- Celda de protección general:

1 módulo CGM24-CMP-A de corte y aislamiento íntegro en SF6, de acuerdo a la normativa UNE, CEI y RU6407, ensayada contra una eventual inmersión y conteniendo en su interior, debidamente montados y conexiados los siguientes aparatos y materiales:

- 1 interruptor automático III en SF6,  $V_n = 24$  KV,  $I_n = 400$  A,  $I_{cc} = 16$  KA, mando motor tipo RAM, con una bobina de cierre y una de disparo (asociada al relé de protección) y contactos auxiliares.
- 1 seccionador III, con posiciones CONECTADO-SECCIONAMIENTO-PUESTA A TIERRA,  $V_n = 24$  KV,  $I_n = 400$  A, capacidad de cierre sobre cortocircuito 40 KA cresta, de apertura y cierre rápido, mando manual.
- 1 relé de protección de 3F + N (50-51/50N-51N), autoalimentado.
- 3 transformadores de intensidad toroidales para protección de fases y homopolar.
- 3 captadores capacitivos de presencia de tensión de 24 KV.

- Embarrado para 400 A.
- Pletina de cobre de 30 x 3 mm. para puesta a tierra de la instalación.
- Accesorios y pequeño material.

- Celda de medida:

Módulo metálico CGM24-CMM, conteniendo en su interior los siguientes aparatos y materiales debidamente montados y conexiónados:

- 3 transformadores de intensidad aislamiento en seco de 24 KV relación X/5A.
- 3 transformadores de tensión aislamiento en seco de 24 KV relación 22200/110.

- Armario de contadores:

Armario mural para colocación de los contadores de medida.

- 1 contador de energía activa con dispositivo de triple tarifa clase 1 y elemento maxímetro, preparado para conectar a X/5A y a X/110 V.
- 1 contador de energía reactiva de simple tarifa. Clase 2,3 preparado para conectar a X/5A y a X/110 V.
- 1 interruptor conmutador horario para triple tarifa.
- Regletero bornas comprobación, pulsador y pilotos de señalización.

- Transformador de potencia:

Transformador de potencia trifásico de 1250 KVA conexión Dyn 11, tensión primaria 20.000 V  $\pm$  2,5% y 400 V de tensión secundaria, en baño de aceite equipado con conmutador bajo tapa, ruedas de transporte, indicador nivel y termómetro de esfera con contactos.

### 10.3 ALIMENTACIÓN EN B.T.

Del secundario del transformador, alimentamos el cuadro de distribución con cable de 0,6/ 1 KV de Al 5 x F de (1 X 240) mm<sup>2</sup> y 3 N de (1 x 240) mm<sup>2</sup>. La conducción de los cables hasta el cuadro se realizará subterránea bajo tubo de PVC.

- Cuadro de distribución:

El cuadro de distribución se instalará en el centro de transformación en lugar adecuado y estará formado por:

- 1 Interruptor automático de IV x 2000 A. extraíble para el acoplamiento del transformador.
- 1 Interruptor automático de III x 1600 A. fijo, conexionado con la batería de condensadores.
- 1 Interruptor automático de IV x 800 A. fijo, para alimentar el CCM en el edificio de pretratamiento y deshidratación.
- 1 Interruptor automático de IV x 800 A. fijo para alimentar el CCM para el tratamiento biológico.
- 1 Interruptor automático de IV x 400 A. fijo para alimentar el CCM en el edificio de tratamiento terciario.
- 2 Interruptores automáticos de IV x 160 A. fijo para alimentar el cuadro general de alumbrado en el edificio de control y varios.

- 1 Equipo circuito para medidas de voltaje, amperaje, potencia (vatios), conexasiónado con el PLC.
  
- Material auxiliar: barras, aisladores, bornas, terminales, canaletas, rótulos, etc.

#### **10.4 MEJORA DEL FACTOR DE POTENCIA**

Se instalará una batería automática para mejorar el factor de potencia de la planta y conseguir un coseno  $\phi$  lo más cercano a 1 posible, de potencia  $30 + (6 \times 60) = 390$  KVAR y conexasiónada al cuadro de distribución.

#### **10.5 CENTROS DE CONTROL DE MOTORES**

Del cuadro general de distribución se acometerá a los siguientes CCM's:

- CCM en edificio de pretatamiento y deshidratación.
  
- CCM para tratamiento biológico.

Los CCM's serán de tipo extraíble y estarán compuestos por los siguientes elementos:

- 1 Columna de entrada que llevará un interruptor automático, un equipo circuito para medidas y dos transformadores de mandos.
  
- Columnas de alimentación a los motores según necesidades. Los arrancadores previstos son de arranque directo, arranque por inversor, arrancador estático, alimentación eléctrica a las electroválvulas, todos ellos en función de la potencia de los motores.



## **10.6 GRUPO ELECTRÓGENO DE EMERGENCIA**

Se ha previsto la instalación de un grupo electrógeno de emergencia de 400 KVA de potencia, conexasiónado al cuadro de distribución, que entrará en funcionamiento en caso de fallo de alimentación de la energía eléctrica.

El grupo tiene capacidad suficiente para alimentar en continuo a los elementos principales de la planta.

Se prevé la instalación de un depósito de combustible de 700 l para 7 horas de funcionamiento en continuo del grupo y un cuadro eléctrico para la maniobra del propio equipo y para la realización de la transferencia automática.

## **10.7 LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN**

Todas las líneas serán de cable de cobre o aluminio de aislamiento 0,6/1 KV tipo RV, no propagador de incendio y con protección antirroedores. La sección mínima para fuerza será de 6 mm<sup>2</sup> y para mandos de 1,5 mm<sup>2</sup>. En los edificios se utilizarán bandejas de PVC con tapa y tubos del mismo material o de acero galvanizado. En exteriores los cables irán enterrados en tubos rígidos de PVC  $\varnothing$  125 mm, utilizando arquetas de obra civil.

## **10.8 ALUMBRADO EXTERIOR E INTERIOR**

Se instalará un cuadro general de alumbrado que se alimentará desde el cuadro general de distribución. Desde este armario se alimentarán las cajas de alumbrado situadas en los edificios, así como los circuitos de alumbrado exterior.

En interiores se han previsto luminarias fluorescentes de 2 x 36 W, luminarias de lamas para instalación en falso techo, luminarias incandescentes de 100 W y equipos autónomos de alumbrado de emergencia. En el exterior se instalarán báculos de 8 m con luminarias de 250 W, columnas de 12 m con proyectores de 400 W, y en las fachadas exteriores de los edificios brazos murales de 1 m con luminarias de 150 W, cumpliendo con los niveles de iluminación correspondientes.

## **10.9 TOMA DE CORRIENTE**

En interiores se instalarán tomas de 2 x 16 A. y en los lugares donde se precise, tomas de 3F + T para máquinas de soldadura o usos industriales.

## **10.10 INSTALACIONES VARIAS**

Portero automático con TV para la puerta de entrada, compuesto por:

- 1 Telecámara
- 1 Alimentador
- 1 Cabina exterior
- 1 Soporte
- Instalación de intercomunicación compuesta por:
  - 1 Secundario de empotrar
  - 1 Unidad para control de la intercomunicación
  - Alimentación incorporada
  - Líneas de interconexión

Telefonía compuesta por:

- 1 Centralita
- 2 Operador
- 6 Teléfonos básicos situados en diferentes lugares.

## **10.11 RED DE TIERRA Y SEGURIDAD DE LA PLANTA**

Está prevista una red general de tierra formada por cable de cobre desnudo y picas de tierra a fin de conseguir que cualquier masa conectada a ella no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 24 V en local o emplazamiento conductor y 50 V en los demás casos.

Para la protección de descargas atmosféricas se instala un pararrayos de 150 m de radio de acción.



# ***LEGISLACIÓN***



## 11.1 LEGISLACIÓN ESTATAL

- REAL DECRETO 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.
- REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- LEY 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.
- REAL DECRETO 995/2000, de 2 de junio, por el que se fijan objetivos de calidad para determinadas sustancias contaminantes y se modifica el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.
- REAL DECRETO 2116/1998, de 2 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 509/1996, de desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- REAL DECRETO 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto - Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- REAL DECRETO LEY 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- REAL DECRETO Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, por el que se deroga la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos

## 11.2 LEGISLACIÓN AUTONÓMICA

- ORDEN de 15 de octubre 2003, por la que se aprueban los modelos para las declaraciones y autoliquidaciones del canon de saneamiento percibido por medio de entidades suministradoras.
- RESOLUCIÓN de 10 de enero de 2003, que hace público el Acuerdo del Consejo de Gobierno de 20 de diciembre de 2002, que aprueba definitivamente el Plan General de Saneamiento y Depuración de aguas residuales urbanas de la Región de Murcia.
- DECRETO 102/2002, de 14 de junio, por el que se aprueba el Reglamento del Régimen Económico Financiero Tributario, del Canon de Saneamiento de la Región de Murcia.
- LEY 3/2002, de 20 de mayo, de tarifa del canon de saneamiento.
- ORDEN de 20 junio de 2001, por la que se declara "lona Sensible", según el Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- LEY 3/2000, de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia.

***ANEJO I***  
***ESTUDIO DE IMPACTO***  
***AMBIENTAL***





# ÍNDICE ESTUDIO IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 FASES DEL ESTUDIO .....	270
1.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS .....	271
1.2.1 METODOLOGÍA	
1.2.2 ACCIONES DEL PROYECTO	
1.2.3 ELEMENTOS DEL MEDIO RECEPTOR	
1.2.4 DESCRIPCIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS	
1.2.4.1 ALTERACIONES SOBRE EL MEDIO FÍSICO	
1.2.4.1.1 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	
1.2.4.1.2 EDAFOLOGÍA	
1.2.4.1.3 HIDROLOGÍA	
1.2.4.1.4 VEGETACIÓN	
1.2.4.1.5 FAUNA	
1.2.4.1.6 CONTAMINACIÓN	
1.2.4.2 ALTERACIONES SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO	
1.2.4.2.1 DEMOGRAFÍA	
1.2.4.2.2 SISTEMA SOCIOECONÓMICO	
1.2.4.2.3 FACTORES SOCIOCULTURALES	
1.2.5 JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS	
1.3 MEDIDAS CORRECTORAS .....	286
1.3.1 MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE	
1.3.2 GESTIÓN DE TIERRAS VEGETALES	
1.3.3 PROTECCIÓN DEL SISTEMA HIDROLÓGICO	
1.3.4 INCIDENCIA SOBRE LA FAUNA	
1.3.5 PREVISIÓN DE NIVELES SONOROS Y MEDIDAS DE CORRECCIÓN	
1.3.6 PROYECTO DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL Y PAISAJÍSTICA	
1.4 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL .....	291
1.4.1 FASE 1 : SEGUIMIENTO DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	
1.4.2 FASE 2: SEGUIMIENTO DURANTE LA ETAPA DE EXPLOTACIÓN (CONTROL OPERACIONAL)	



## **1. INTRODUCCIÓN**

Se redacta el presente Estudio de Impacto Ambiental como anejo al proyecto y tiene por objeto evaluar la incidencia esperada por la ejecución de la propia E.D.A.R. incluida en dicho proyecto.

El marco legal básico para el desarrollo de este estudio ha sido el establecido en el Real Decreto Legislativo 1302/86 de 18 de junio promulgado por la Legislación española para dar cumplimiento a la Directiva 85/77/CEE de Junio de 1985 y a la Ley 1/95 de Protección del Medio Ambiente de la Región de Murcia. Con la posterior aprobación del Real Decreto Legislativo 1131/88 de 30 de Septiembre, queda regulado el Reglamento para la ejecución y desarrollo de los estudios de impacto ambiental.

La finalidad de este Estudio de Impacto Ambiental consta básicamente en:

- Identificar y valorar los impactos que se puedan producir.
- Establecer las medidas correctoras oportunas para reducir o compensar las alteraciones negativas que el proyecto puede ocasionar sobre el entorno.
- Establecer un Programa de Vigilancia Ambiental que permita averiguar el cumplimiento de las medidas correctoras y efectuar un seguimiento de las prevenciones realizadas.

### **1.1 FASES DEL ESTUDIO**

El presente estudio se estructura en las siguientes fases:

- En la primera fase se realizará un inventario ambiental detallado de todos aquellos aspectos del medio que caracterizan la zona de estudio.
- En una segunda fase se realiza un análisis del proyecto constructivo, el cual proporcionará la información necesaria para detectar las posibles

alteraciones que potencialmente puedan producir impactos sobre el medio natural en que se desarrollan. De este modo, puede obtenerse una predicción y valoración cualitativa de los impactos previsibles, representándose en una matriz que confronta la información proporcionada por el análisis del proyecto y la del estudio de la situación preoperacional.

- La tercera fase incluye la definición de las medidas correctoras destinadas a evitar, reducir o compensar los impactos ambientales, y el establecimiento de un Programa de Vigilancia Ambiental como mecanismo de control y seguimiento de las alteraciones registradas y la eficacia de las medidas correctoras adoptadas.

## **1.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS**

### **1.2.1 METODOLOGÍA**

La previsión de los impactos ocasionados está condicionada por tres aspectos:

- La ausencia de un adecuado conocimiento de la respuesta de muchos componentes del ecosistema y medio social frente a una acción determinada.
- La carencia de información detallada sobre algunos componentes del Proyecto que pueden ser fundamentales desde un punto de vista ambiental.
- El hecho de que en muchas ocasiones en la obra se presenten desviaciones respecto al Proyecto original, que no pueden ser tenidas en cuenta a la hora de realizar el Estudio de Impacto Ambiental.

Todos ellos contribuyen a que la estimación de impactos presente una cierta dosis de incertidumbre, cuya magnitud resulta francamente difícil de evaluar.

La sistemática utilizada se basa en la confrontación de las acciones del proyecto con los elementos del medio receptor. Para ello se ha elaborado

una matriz en la que las columnas corresponden a los diferentes elementos del medio, y las filas a las acciones del proyecto. Esta representación sintética permite detectar aquellos nodos de la matriz en los cuales previsiblemente aparecerá algún tipo de alteración. Para facilitar la perfecta comprensión de la matriz de impacto ambiental, se realiza previamente un análisis de las acciones del proyecto susceptibles de provocar alteraciones, y se relacionan aquellos elementos del medio receptor sobre los que recae el impacto.

Una vez localizados los impactos se procede a describir y valorar cualitativamente las alteraciones detectadas en función de su magnitud y a proponer la aplicación de determinadas medidas de actuación, cuya consideración debe de ser simultánea a la ejecución de las obras, y cuyo objeto es el de corregir o minimizar en la posible la magnitud de la alteración.

### **1.2.2 ACCIONES DEL PROYECTO**

En este apartado se describen las acciones del proyecto susceptibles de provocar alteraciones sobre algún o algunos elementos del entorno natural.

Las acciones con mayor capacidad potencial de generar impactos son las siguientes:

- Necesidades de suelo: el proyecto exige ocupar cierta superficie de terreno para la estación depuradora.
- Talas y clareos: la ocupación de nuevos terrenos, su adecuación y explanación requiere la eliminación de la vegetación y cultivos existentes en los mismos.
- Movimiento de maquinaria: tanto el tráfico de maquinaria como el transporte de tierras y de otros materiales de construcción puede incidir negativamente sobre el entorno natural y social.

- Instalaciones de obra: se incluyen aquí, aquellas áreas destinadas a almacén de material para la construcción, cobertizos y parque de maquinaria, así como cualquier otro elemento no permanente utilizado en la construcción.
- Ejecución de las obras: se incluyen todos los impactos posibles generados por cualquier otra acción del proyecto aparte de las ya mencionadas, y son exclusivas de la fase de construcción.
- Necesidad de mano de obra: es previsible que la necesidad de contratación de trabajadores para la construcción de la obra induzca cambios en los sectores económicos y en el mercado de trabajo de la población próxima. En la mayoría de los casos, estos cambios resultarán favorables.
- Tráfico y circulación: el paso de vehículos puede ejercer efectos negativos de carácter leve o moderado hacia determinados componentes vivos del medio natural.

### **1.2.3 ELEMENTOS DEL MEDIO RECEPTOR**

Los elementos del medio sobre los que puede incidir el impacto generado por las diferentes acciones del proyecto anteriormente mencionadas, se han clasificado de acuerdo con el siguiente criterio:

- **Medio físico**

- Geología.

- Relieve
- Estabilidad de laderas

- Edafología.

- Destrucción y compactación de suelos.
- Aumento erosión.

- 
- Hidrología.
    - Flujo y calidad de las aguas superficiales.
    - Flujo y calidad de las aguas subterráneas.
    - Inundabilidad.
  
  - Vegetación.
    - Degradación.
    - Riesgo de incendios.
  
  - Fauna.
    - Destrucción y alteración del hábitat.
    - Efecto barrera.
    - Riesgo de atropello.
  
  - Contaminación.
    - Aumento de los niveles de emisión.
    - Incremento de los niveles sonoros.
    - Degradación del paisaje.
  
  - **Medio socioeconómico e institucional**
    - Demografía.
      - Efectos sobre la población activa.
      - Riesgo de accidentes.
      - Cambio en las condiciones de circulación.
  
    - Factores socioeconómicos.
      - Pérdida de terrenos productivos.
      - Afección al Planeamiento.
  
    - Factores socioculturales.
      - Afección al Patrimonio Histórico-Artístico.



## **1.2.4 DESCRIPCIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS**

En este apartado se expone una descripción de las principales alteraciones que pudieran originarse por la ejecución y explotación de la obra proyectada.

La valoración cualitativa realizada para definir las alteraciones se basa en cuatro categorías, en función del carácter de las mismas:

- Compatible: son aquellas alteraciones que influyen negativamente sobre el medio, con carácter temporal o permanente, de escasa magnitud, evitables, puntuales, bastante o muy recuperables.
- Moderado: se definen así las alteraciones negativas, temporales o permanentes de magnitud media, inevitables durante la realización de la obra, medianamente recuperables.
- Severo: son impactos negativos, permanentes, de magnitud elevada, inevitables, poco recuperables, con efectos sinérgicos.
- Crítico: se incluyen en esta categoría las alteraciones negativas, permanentes, graves, irrecuperables, extensivos y con efectos acumulativos y sinérgicos.

### **1.2.4.1 ALTERACIONES SOBRE EL MEDIO FÍSICO**

Las principales alteraciones sobre el medio físico que se pueden generar por las obras previstas quedan resumidas en los siguientes puntos.

#### **1.2.4.1.1 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA**

Las alteraciones que se pueden producir en estos componentes del ecosistema son fundamentalmente dos: los cambios en el relieve y el aumento de los riesgos de inestabilidad de laderas.

### **Cambios en el relieve**

La construcción del proyecto supone una ligera manipulación del terreno natural en lo referente a colectores y emisarios y la propia E.D.A.R. durante la fase de construcción.

En la construcción de los colectores y emisarios estas variaciones quedarán completamente recuperadas tras la finalización de las obras. En cuanto a la E.D.A.R. las variaciones serán mínimas.

La magnitud prevista de este tipo de alteraciones se considera como moderada.

### **Aumento de los riesgos de inestabilidad de laderas**

Los riesgos se consideran bajos. Solamente en zonas muy alteradas y con discontinuidad desfavorable pudieran producirse procesos de inestabilidad.

De modo global, se puede decir que esta alteración presentará una magnitud leve o compatible.

#### **1.2.4.1.2 EDAFOLOGÍA**

Las afecciones sobre suelos se concretan, por un lado, en relación a la destrucción directa o compactación y los movimientos de tierras y, por otro lado, respecto a las alteraciones de los procesos de erosión que se pueden producir.

#### **Destrucción y compactación de suelos**

Su magnitud depende de la superficie destruida y de la calidad edáfica de la superficie ocupada. Hay que tener en cuenta no sólo la superficie afectada, sino también las obras ajenas (accesos, canteras de extracción de áridos, etc.) y las superficies en que el suelo sufre una

compactación por el depósito de materiales y tránsito de maquinaria pesada.

Desde un punto de vista agrológico todos los suelos que pueden verse afectados no son excesivamente fértiles y no presentan interés suficiente como para gestionar su conservación de cara a la aplicación posterior de las correspondientes medidas correctoras.

Se estima una magnitud moderada para este tipo de alteración.

#### **Aumento de la erosión**

La modificación de la dinámica erosiva que ejercerá la realización de las obras habrá de ser poco significativa.

Con carácter puntual, la modificación de los relieves naturales podrá inducir un ligero aumento en la tasa erosiva laminar.

Puede estimarse una valoración de carácter compatible para este tipo de alteración.

### **1.2.4.1.3 HIDROLOGÍA**

#### **Flujo y calidad de las aguas superficiales**

El área estudiada presenta un curso de agua principal (el río Mula). La afección más importante se refiere a la calidad de sus aguas que se verá sensiblemente mejorada con la construcción de la Estación Depuradora.

#### **Flujo y calidad de las aguas subterráneas**

Igualmente que para las aguas superficiales, el proyecto aquí presentado, sólo puede repercutir en la calidad de las subterráneas durante la fase de construcción.

Debido a los materiales existentes en la zona, el nivel freático está a bastante profundidad existiendo un componente de infiltración en el terreno reducido.

### **Inundabilidad**

El efecto barrera en los flujos de aguas es uno de los impactos potenciales más importantes que se pueden producir, pudiéndose generar un aumento en los riesgos de inundación.

Los movimientos de tierras, son la causa principal que pueden generar este efecto barrera.

Teniendo en cuenta las obras de canalización proyectadas en la obra, la magnitud de esta alteración será compatible.

#### **1.2.4.1.4 VEGETACIÓN**

##### **Degradación**

Los impactos que se pueden producir sobre la vegetación dependen fundamentalmente del valor de cada comunidad afectada, de la fragilidad de la misma, y de las diversas acciones que se lleven a cabo en la construcción.

Las alteraciones principales se centran en la fase de construcción debido a la posible deforestación y ocupación de suelo durante la realización de los trabajos. Así mismo serán objeto de impactos la ubicación de escombreras, el movimiento de tierras, etc.

Las alteraciones previstas como degradación de las comunidades vegetales o destrucción de plantaciones no son excesivamente importantes debido a las características de la obra que no hace necesario una gran ocupación del terreno.

El resto de alteraciones previsibles son menos importantes, si bien sería recomendable localizar las construcciones provisionales de obras (parques de maquinaria, plantas de hormigonado, vertederos, almacén de material, etc.) en las áreas más alteradas.

Según estas consideraciones, son de prever impactos relativamente importantes sobre la vegetación, siendo previsible valorar este impacto como moderado.

### **Riesgo de incendios**

El aumento en el riesgo de incendios se considera en principio potencialmente bajo, si bien la construcción y uso de cualquier infraestructura lineal lleva ligado un incremento del riesgo de dichos incendios.

De este modo, durante la fase de obras este aumento de riesgo se verifica en el frecuente movimiento de maquinaria, en los alrededores del emplazamiento de las instalaciones de obra, etc. Por su parte en la fase de explotación de la E.D.A.R. y de los colectores el riesgo será mínimo, habiéndose adoptado los sistemas adecuados contra incendios: extintores, mantas apagafuegos, etc.

De modo global, se puede decir que este tipo de alteración presenta una magnitud moderada.

#### **1.2.4.1.5 FAUNA**

Todas las modificaciones producidas en los distintos componentes del Medio Físico pueden afectar en mayor o menor medida a los distintos grupos faunísticos, dependiendo de su grado de sensibilidad frente a los cambios del entorno en que se mueven o ante el aumento de la frecuentación humana de sus áreas vitales.

En el caso estudiado, el entorno natural se presenta profundamente transformado por las múltiples actividades humanas realizadas sobre el medio, que han provocado la práctica desaparición de las formaciones vegetales potenciales para la zona, siendo sustituidas por cultivos.

Bajo estas condiciones, las alteraciones que pueden producirse sobre la fauna se verifican en varios aspectos: de una parte las posibles transformaciones o destrucciones de los hábitats faunísticos y el incremento del riesgo de atropello, todo ello durante la fase de construcción.

### **Destrucción y alteración del hábitat**

Un cambio en el hábitat supone una alteración que se manifiesta por el abandono temporal de los lugares de residencia habitual o de reproducción, pudiéndose llegar incluso a situación de abandono definitivo del área, dependiendo en gran medida del grado de alteración a que se vea sometido el ecosistema.

Las acciones de proyecto que va a incidir más significativamente en la transformación o destrucción del hábitat faunístico son: la implantación de colectores y emisarios, la estación depuradora, el tránsito de maquinaria pesada y el aumento de la frecuentación.

Durante la fase de construcción de estas infraestructuras también se puede producir un impacto moderado debido a los ruidos, al continuo trasiego de personas y a los movimientos de tierras.

El impacto en canteras y escombreras puede ser de tipo moderado si se ubican junto a las obras.

### **Efecto barrera**

La construcción de zanjas que alojen a los colectores y emisarios y la propia Estación Depuradora puede suponer un obstáculo para especies de dominio vital reducido y desplazamientos cortos.

El impacto se puede clasificar como de magnitud nula.

### **Riesgo de atropello**

Este impacto se centra casi exclusivamente en la fase de construcción, pudiéndosele caracterizar como nulo.

#### **1.2.4.1.6 CONTAMINACIÓN**

##### **Aumento de los niveles de emisión**

Los cambios en la calidad del aire variarán según la fase del proyecto, cambiando igualmente la localización de los focos de emisión de contaminantes.

Durante la construcción se incrementará la emisión de partículas debido principalmente a los movimientos de tierra, extracción de materiales, movimientos de maquinaria pesada, etc. De esta manera la emisión de partículas se centrará en puntos localizados como plantas de tratamiento de materiales, canteras, etc. y en los puntos de máxima actividad dentro de las correspondientes etapas de la construcción.

Una vez acabadas las obras la posibilidad de emitir contaminantes será muy leve.

Para el caso que nos ocupa solo se considera la alteración en la fase de construcción, y con un carácter moderado.

##### **Incremento de los niveles sonoros**

Las alteraciones en el nivel de ruidos dependerán de la fase del Proyecto en que se encuentre.

Durante la fase de obras, los ruidos estarán principalmente localizados en las cercanías de escombreras, junto a las excavaciones y transporte de materiales, etc., aunque también se producirá un ruido continuado a lo largo de todo el trazado y en la parcela de la E.D.A.R., como consecuencia del tráfico de maquinaria.

Durante la fase de explotación de la E.D.A.R., los ruidos serán leves pues la maquinaria que puede generarlos ha sido albergada en edificios de sólida construcción, convenientemente insonorizados.

### **Degradación del paisaje**

La afección que se registra sobre el paisaje depende de los siguientes factores:

- La calidad del paisaje original, siendo el impacto ejercido variable en función de la calidad paisajística.
- La magnitud de la alteración determinada por las propias dimensiones de la obra.

Las mayores afecciones previsibles se producirán durante la fase de obra, siendo prácticamente nulas tras la terminación, pues únicamente se notarán las instalaciones propias de la E.D.A.R.

#### **1.2.4.2 ALTERACIONES SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO**

Debido a las características del proyecto no se considera que influirán en la estructuración del territorio y no estará acompañada de efectos directos o indirectos indeseables.



#### **1.2.4.2.1 DEMOGRAFÍA**

##### **Efectos en la población activa**

La realización de la obra prevista, implica una posible necesidad de contratación, al menos temporal, de personal obrero.

Por lo se puede caracterizar este impacto como positivo.

##### **Riesgo de accidentes**

Tan solo existe un ligero riesgo durante la etapa de construcción debido al tránsito de maquinaria pesada y a los posibles cortes en la circulación en los caminos afectados que se puedan producir.

#### **1.2.4.2.2 SISTEMA SOCIOECONÓMICO**

##### **Afección al planeamiento**

A través de la revisión realizada sobre la ordenación urbanística vigente en los municipios, no se observan afecciones importantes previsibles derivadas de las obras.

#### **1.2.4.2.3 FACTORES SOCIOCULTURALES**

Durante la fase de obras puede producirse una alteración de los modos de vida de la población viéndose afectados por la presencia de obreros y maquinaria, por los ruidos, emisiones, etc. aunque esta alteración desaparecerá a la finalización de dichas obras.

Como cambio positivo ha de mencionarse la realización de la obra prevista no afectará al patrimonio histórico-artístico de la zona.

En caso de detectarse algún yacimiento en el trazado de la obra, este deberá ser objeto de intervención arqueológica.

### 1.2.5 JERARQUIZACIÓN DE LOS IMPACTOS

Una vez analizadas las alteraciones potenciales sobre el medio, que podrán ejercer las diferentes acciones del proyecto, se elabora el presente apartado, cuyo objetivo es sintetizar el conjunto de toda la información aportada anteriormente.

Para ello, se han agrupado los diversos elementos del medio en nueve unidades básicas de características homogéneas.

Los grupos correspondientes al medio físico son:

- Geología.
- Edafología.
- Hidrología.
- Vegetación.
- Fauna.
- Contaminación.

Los elementos del medio socioeconómico son:

- Demografía.
- Factores socioeconómicos.
- Factores socioculturales.

La ejecución de la obra supone la realización de múltiples actuaciones que modifican de uno u otro modo el estado actual del medio. Estas actuaciones se pueden estudiar desde dos fases independientes:

- Fase de obra.
- Fase de uso y explotación.

De este modo se obtiene una matriz simplificada (Figura 1), en la que se realiza una valoración estimativa de la alteración sobre los grupos de elementos del medio, previamente definidos.

	FASE DE OBRA	FASE DE USO Y EXPLOTACIÓN
Geología	Moderado	Compatible
Edafología	Moderado	Compatible
Hidrología	Moderado	Compatible
Vegetación	Moderado	Compatible
Fauna	Moderado	Compatible
Contaminación	Moderado	Compatible
Demografía	Compatible	Compatible
Sistema socio-económico	Compatible	Compatible

Figura 1.- Matriz simplificada

Las alteraciones sobre el medio natural pueden alcanzar en determinadas fases de la construcción una magnitud moderada, debida a la modificación del régimen hidrológico.

Una vez finalizada la construcción, se paraliza la actividad potencialmente generadora de alteraciones sobre el medio natural. Tan solo puede preverse una afección de tipo muy moderado sobre la comunidad faunística, debido sobre todo a los ruidos producidos por las propias instalaciones de la Estación Depuradora.

### **1.3 MEDIDAS CORRECTORAS**

Una vez analizados y valorados los impactos ambientales generados, se establecen una serie de actuaciones tendentes a corregir, disminuir o minimizar estos impactos detectados.

Para cada una de las alteraciones previstas, en los diferentes elementos del medio, se establecen a nivel básico, las medidas correctoras para cada caso, siendo de aplicación diferente según se trate de la fase de obras o se deriven de la posterior utilización.

Los criterios usados para la elaboración de las medidas correctoras son los siguientes:

- Mantenimiento de la calidad del aire.
- Gestión de tierras vegetales.
- Protección del sistema hidrológico.
- Incidencia sobre la fauna.
- Previsión de los niveles sonoros y medidas de corrección.
- Proyecto de recuperación ambiental y paisajística.
- Programa de Vigilancia Ambiental.

#### **1.3.1 MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE**

Debido a las características de la obra, es recomendable durante las tareas constructivas el riego de los tajos de obra mediante camión cuba.

Los elementos o aparatos que puedan producir malos olores en la Estación Depuradora, tales como el pretratamiento en su totalidad, el espesador de gravedad o las instalaciones de deshidratación, serán convenientemente cubiertos y desodorizados.

### 1.3.2 GESTIÓN DE TIERRAS VEGETALES

Los suelos son un recurso de gran valor, escaso y no renovable a corto y medio plazo. Sin embargo, en las obras se pueden producir una serie de alteraciones, como las que se detallan a continuación:

- Pérdida de volúmenes de capa edáfica superficial.
- Aumento de la erosión.
- Compactación de los suelos en las zonas próximas a la obra.

Antes de que los suelos vayan a ser ocupados, se extraerá la capa de tierra vegetal existente, que servirá para utilizarla posteriormente en el cubrimiento de superficies que hayan visto alterada la cubierta vegetal que originalmente tenían o por ser superficies de nueva aparición.

La gestión de la tierra vegetal es muy recomendable tanto por la preservación del organismo vivo que constituye el suelo como por el ahorro que en aportes posteriores en tierras vegetales representa.

Existe además un elemento de notable interés y es el hecho de que al ser el suelo en sí mismo un almacén natural de semillas de muy diferentes especies, todas ellas están perfectamente adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas del lugar, por lo que contribuye su posterior reextensión sobre zonas degradadas al restablecimiento de la vegetación natural del lugar.

Cabe reseñar que el mayor contenido de materia orgánica y elementos nutritivos se encuentra en la capa de tierra vegetal o cobertura.

En la retirada, manejo y almacenamiento del suelo es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Separación de cada una de las capas identificadas para que no se diluyan las cualidades de las más fértiles al mezclarse con otras de peores características.

- 
- El almacenamiento debe efectuarse con cuidado para evitar su posible deterioro por compactación. Esto se puede prevenir aplicando las siguientes medidas:
    - Manipular el suelo cuando está seco o el contenido en humedad es inferior al 75%.
    - Evitar el paso de maquinaria.
    - Depositar estos materiales en capas delgadas, evitando que superen 1 m de potencia.
    - El apilamiento del suelo sólo debe realizarse cuando sea impracticable una restauración simultánea.
    - En caso de almacenamiento, los materiales deben protegerse del viento, de la posible erosión hídrica y de la compactación.
    - La ubicación de los niveles debe realizarse sobre una superficie llana que impida su disolución y lavado.
    - Previo a la implantación de la cubierta vegetal debe estudiarse el equilibrio mecánico existente, de modo que la remodelación no produzca formas técnicamente estables.
    - El extendido de la tierra debe realizarse con maquinaria que produzca una mínima compactación.
    - Debe evitarse el paso de maquinaria pesada sobre el suelo ya extendido.
    - La profundidad de la capa de cobertura dependerá de la superficie que se vaya a cubrir, siendo recomendable 20-30 cm y como mínimo 15 cm.

- Se recomienda que el número de pistas y caminos de acceso a las obras durante la fase de construcción sea el mínimo posible, debido a los daños que causan a la vegetación y a los suelos.

### **1.3.3 PROTECCIÓN DEL SISTEMA HIDROLÓGICO**

El área de estudio presenta un cauce permanente como es el río Mula, afluente del Segura, y acequias de riego originadas por la existencia de plantaciones.

La calidad de las aguas se protegerá mediante un estricto control por parte de los encargados y directores de la obra, de los vertidos que se pudieran hacer, etc. Estos vertidos son especialmente contaminantes en el caso de residuos líquidos tales como aceites, alquitranes, productos de tratamiento de plantaciones, etc.

### **1.3.4 INCIDENCIA SOBRE LA FAUNA**

En general, los impactos que la construcción puede producir sobre la fauna pueden ser de cuatro tipos:

- En primer lugar, estarían las molestias de carácter temporal que se producirían durante la fase de obras, debido al trasiego de personal y maquinaria. En el caso de llevarse a cabo durante la época de reproducción de determinadas especies, y tener lugar a escasa distancia del punto de cría, pueden dar al traste con la producción ese año, especialmente en las aves.
- En otros casos, la construcción puede suponer la destrucción directa del medio donde habita la fauna. En estos casos el impacto sobre la fauna es de gran entidad, y en la mayor parte de ellos irreversible.
- Durante la ejecución de las obras se puede producir un efecto barrera sobre determinadas especies faunísticas.

- Finalmente pueden producirse atropellos de animales durante esta misma fase.

A continuación se analiza el efecto previsible que van a tener las obras sobre la fauna de la zona.

Para el mantenimiento de las poblaciones faunísticas así como su flujo en el área de estudio, se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Se evitará iniciar las obras de deforestación y desbroce y los movimientos de tierras en primavera, por ser éste el período anual de reproducción de la mayoría de las especies.
- Se adecuarán los cursos de agua para atenuar el efecto barrera y los atropellamientos, revegetando las zonas próximas a los pasos para facilitar la circulación y adaptación de las especies a la nueva situación.

### **1.3.5 PREVISIÓN DE NIVELES SONOROS Y MEDIDAS DE CORRECCIÓN**

Las alteraciones en el nivel de ruidos dependerán de la fase del Proyecto en que se encuentra el proyecto.

Durante la fase de obra, los ruidos estarán principalmente localizados en las cercanías de escombreras, junto a las excavaciones y transporte de materiales, etc.

En fase de explotación los ruidos emanarán de la Estación Depuradora.

Las medidas para proteger a las personas contra los efectos del ruido se pueden aplicar en la emisión, reduciendo el ruido en la fuente: uso de vehículos menos ruidosos, control de la velocidad de circulación, etc; o albergando la maquinaria que puede producirlos en edificios convenientemente insonorizados.



### **1.3.6 PROYECTO DE RECUPERACIÓN AMBIENTAL Y PAISAJÍSTICA**

La afección que se registra sobre el paisaje depende de los siguientes factores:

- La calidad del paisaje original, siendo el impacto ejercido variable en función de la calidad paisajística.
- La magnitud de la alteración determinada por las propias dimensiones de la obra. Las mayores afecciones previsibles se producirán durante la fase de obra, pudiendo ser minimizadas posteriormente mediante la restauración de los terrenos afectados.

En el presente apartado se describen las medidas de corrección frente a la erosión y de mejora ecológica y paisajística que deberán adoptarse.

La restauración paisajística atenderá principalmente a dos factores:

- Por un lado se tendrá la adecuación paisajística de algunos elementos constructivos, como los edificios de la Estación Depuradora.
- Por otro lado, se realizará la mejora ambiental y paisajística de las superficies afectadas debiendo llevarse a cabo la recuperación vegetal, una vez finalizadas las obras.

## **1.4 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL**

La finalidad básica de este programa es establecer un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas correctoras, contenidas en el Estudio de Impacto Ambiental.

Además, y como complemento al objetivo citado, permite la detección y evaluación de impactos de difícil cuantificación durante la etapa preoperacional e incluso localizar otros que no se hubiesen previsto inicialmente. Esto permite

el diseño de nuevas medidas correctoras en el supuesto de que las ya aplicadas resulten insuficientes.

El seguimiento o control debe también interpretarse como una Asistencia Técnica a la Dirección de Obra que asuma la vigilancia y sistemas de evaluación adecuados para evitar y subsanar los frecuentes problemas que surgen durante la ejecución de las medidas correctoras especialmente aquellas que implican siembras o plantaciones de vegetales (sustitución de unas especies por otras, modificaciones en el diseño, tamaños no adecuados, plantas enfermas, composiciones de semillas, etc.). Estos problemas son los más frecuentes y necesitan de un suficiente control para poder conseguir una integración paisajística adecuada y una óptima reducción del impacto ambiental. A continuación se describen las diferentes fases del Programa de Vigilancia Ambiental, así como las características de cada una de ellas.

#### **1.4.1 FASE 1 : SEGUIMIENTO DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

Este período, junto con el operacional son los espacios temporales principales en los que se debe realizar un seguimiento con mayor rigor. Por ello deben detallarse al máximo las actividades a realizar durante ellos, especificando como se indicaba los procesos y acciones a realizar. En concreto, en esta fase de ejecución de obras se deberán realizar los siguientes procesos de seguimiento:

1. Durante los movimientos de tierra se llevará un control detallado de aspectos tales como:
  - Retirada selectiva de tierras vegetales y materiales subyacentes, verificando las potencias de los mismos, comprobando su adecuado apilamiento y su siembra provisional.
  - Verificación de las medidas correctoras propuestas en lo referente a la restauración fisiográfica de los préstamos y vertederos que se deban crear. En la restauración de áreas degradadas por la necesidad de préstamos y vertederos deberán

ser revegetadas en orden a conseguir su integración visual y paisajística según un proyecto específico para cada caso.

Una vez finalizado el movimiento de tierras se procederá a la restauración vegetal y plantaciones de las zonas afectadas. Durante este período es fundamental un seguimiento de las labores que realizarán las empresas adjudicatarias de las siembras y plantaciones, con la finalidad de que estas se realicen de modo correcto.

#### **1.4.2 FASE 2: SEGUIMIENTO DURANTE LA ETAPA DE EXPLOTACIÓN (CONTROL OPERACIONAL)**

Este es quizá el proceso más complejo dentro del Programa de Vigilancia Ambiental, tanto por su amplitud en el tiempo como por los considerables costes añadidos que implica.

Es, sin embargo, de vital importancia el asumir su realización ya que es el período en el cual se pueden cuantificar adecuadamente los impactos que provocarán las obras, y especialmente, permitirá detectar las afecciones no previstas inicialmente. Como resultado de esta fase de seguimiento, se adoptarán las medidas correctoras complementarias que sirvan para minimizar definitivamente los impactos ambientales que se provoquen.

Las actuaciones que necesariamente han de realizarse en esta fase del Programa de Vigilancia Ambiental son las siguientes:

- Verificación final de la correcta aplicación de las medidas correctoras especificadas en el Proyecto de Construcción de acuerdo con su Pliego de Prescripciones.
- Seguimiento durante un período mínimo de un año del grado de viabilidad de las siembras y plantaciones realizadas ejecutando las oportunas correcciones ante las deficiencias observadas. Para ello se

controlará la correcta reposición de las plantas que por diversas circunstancias no hayan conseguido la viabilidad prevista.

- Control durante un período similar de los posibles procesos erosivos así como de las afecciones que sobre la fauna se pudiesen detectar. Para ello deben realizarse las correspondientes campañas de muestreo que serán complemento de las llevadas a cabo durante la etapa preoperacional.
  
- Verificación de las reposiciones de las servidumbres de paso.

Esta fase del Programa de Vigilancia Ambiental no tiene una limitación temporal, ya que debe considerarse como un elemento más del mantenimiento y tendrá que ser asumido por los organismos públicos responsables de estos servicios.

En el presupuesto total del proyecto se incluyen recursos económicos para la materialización de todas las medidas correctoras que se describen en este anejo.



***ANEJO II***  
***ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD***



# INDICE

## PÁGINA

2.1 MEMORIA .....	300
2.1.1 OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	
2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.	
2.1.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y SITUACIÓN	
2.1.2.2 PRESUPUESTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA	
2.1.2.3 INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS	
2.1.2.4 UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN LA OBRA	
2.1.3 RIESGOS	
2.1.3.1 RIESGOS PROFESIONALES	
2.1.3.2 RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS.	
2.1.4 PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES	
2.1.4.1 PROTECCIONES INDIVIDUALES	
2.1.4.2 PROTECCIONES COLECTIVAS	
2.1.4.3 FORMACIÓN	
2.1.4.4 MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS	
2.1.5 PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS	
2.1.6 RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LA MAQUINARIA DE OBRA	
2.1.7 RIESGOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE AUXILIARES	
2.2 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES.....	327
2.2.1 NORMAS LEGALES Y REGLAMENTARIAS	
2.2.2 PRESCRIPCIONES DE LA MAQUINARIA	
2.2.3 PRESCRIPCIONES DE ÚTILES Y HERRAMIENTAS	
2.2.4 CONDICIONANTES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN	



2.2.4.1	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	
2.2.4.2	PROTECCIONES COLECTIVAS	
2.2.5	CERTIFICACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD	
2.2.6	SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL	
2.2.7	OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS	
2.2.8	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	
2.3	PRESUPUESTO.....	341

## **2.1 MEMORIA**

### **2.1.1 OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

El objeto de este Estudio de Seguridad y Salud es, por un lado, establecer las directrices generales encaminadas a prevenir accidentes laborales y enfermedades profesionales durante la ejecución de las obras de la E.D.A.R.

Por otro lado es objeto de este Estudio, el prever los medios oportunos para atender los posibles accidentes y emergencias que se produzcan con el fin de minimizar sus consecuencias.

También se establecen las necesidades de las instalaciones sanitarias y comunes.

Desde un punto de vista legal, el Estudio pretende dar cumplimiento al Real Decreto 1627/97 de Octubre, por el que se establece la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

### **2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA**

#### **2.1.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y SITUACIÓN**

Se trata de realizar las obras e instalaciones generales para la construcción de la E.D.A.R. de Mula (Murcia).

#### **2.1.2.2 PRESUPUESTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA**

El presupuesto de la obra figura en el apartado 2.3. y en el Presupuesto General del Proyecto.

El plazo de ejecución previsto es el que figurará en el Plan de Obras.

El número de personas punta será de unas 50. El número de personas que se estima trabajarán a lo largo del conjunto de la obra será de 70.

### **2.1.2.3 INTERFERENCIAS SERVICIOS AFECTADOS**

Línea eléctrica; expropiación de terrenos; utilización de camino de acceso.

### **2.1.2.4 UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN LA OBRA**

- Movimiento general de tierras.
- Obra de llegada y aliviadero de agua bruta.
- Pozo de gruesos y bombeo de agua bruta.
- Desbaste de sólidos.
- Desarenador - desengrasador.
- Medida y regulación de caudal.
- Decantación primaria.
- Reactor biológico.
- Decantación secundaria.
- Decantador lamelar
- Floculador
- Coagulador
- Recirculación de fangos.
- Espesador por gravedad de los fangos en exceso.
- Estabilización de fangos.
- Deshidratación mecánica mediante centrifugas.
- Almacenamiento de fangos deshidratados.
- Centro de transformación.
- Edificio de pretratamiento.
- Edificio de deshidratación, control y soplantes.
- Instalaciones eléctricas.

## **2.1.3 RIESGOS**

### **2.1.3.1 RIESGOS PROFESIONALES**

En desbroce, movimiento de tierras y excavaciones (Figura 1).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Caídas a distinto nivel	X				X		X				
Caídas al mismo nivel	X			X			X				
Atrapamiento	X				X		X				
Ambiente pulvígeno	X				X		X				
Golpes		X		X			X				
Cortes y pinchazos		X		X			X				
Electrocuciones	X				X				X		
Colisiones y vuelcos	X				X		X				

Figura 1.- Riesgos en desbroce, movimiento de tierras y excavaciones

En línea de fangos (Figura 2).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
		X		X			X				
Golpes en manos, pies y cabeza.		X		X			X				
Asfixia.	X					X	X				
Incendio y explosiones.	X					X			X		
Caídas a distinto nivel.	X				X		X				

Figura 2 - Riesgos en línea de fangos

En zanjas, drenajes, y galerías (Figura 3).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Atropellos y colisiones, originados por la maquinaria		X				X			X		
Vuelcos y deslizamientos de las máquinas.	X					X				X	
Caídas en altura	X				X			X			
Generación de polvo.		X		X			X				
Explosiones e incendios.	X				X			X			
Choques con los apoyos provisionales.	X			X			X				

Figura 3.- Riesgos en zanjas, drenajes y galerías

En los edificios de Pretratamiento y Deshidratación, de Control, de Soplantes y en el Centro de Transformación (Figura 4.).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Caída a distinto nivel.	X				X			X			

Figura 4.- Riesgos en edificios

En calzadas, viales, acabados y jardinería (Figura 5).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Caídas de objetos al descargar el camión (caja).		X		X				X			
Golpes en manos, pies y cabeza.		X		X				X			
Cortes en las manos.		X		X				X			
Electrocuciones, por contacto indirecto.	X				X			X			
Caídas al mismo nivel.	X			X			X				
Quemaduras.	X				X				X		
Afecciones pulmonares por inhalación de vapores asfálticos.	X					X				X	
Vuelco de vehículos.		X				X				X	

Figura 5.- Riesgos en calzadas, viales y jardinería

### 2.1.3.2 RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS

Producidos por la estancia posible en el recinto de la obra de personas ajenas a la misma, así como por la circulación de vehículos en los accesos a la obra, y por las obras de entronque fuera del recinto de la misma (Figura 6).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Caídas al mismo o distinto nivel	X			X				X			
Atropellos	X				X				X		
Caídas de objetos	X			X				X			
Vibraciones y ruidos			X	X			X				
Descalzamientos	X				X			X			
Polvo y/o contaminación		X		X			X				

Figura 6.- Riesgos de daños a terceros

## 2.1.4 PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES

### 2.1.4.1 PROTECCIONES INDIVIDUALES

- Protección de la cabeza:
  - Cascos: para todas las personas que participan en la obra, incluidos visitantes.
  - Gafas contra impactos y antipolvo.
  - Mascarillas antipolvo.
  - Pantalla contra proyección de partículas.
  - Filtros para mascarilla.
  - Protectores auditivos.
  
- Protección del cuerpo:
  - Cinturones de seguridad, cuya clase se adaptará a los riesgos específicos de cada trabajo.
  - Cinturón antivibratorio.
  - Monos o buzos: se tendrán en cuenta las reposiciones a lo largo de la obra, según Convenio Colectivo Provincial.

- Trajes de agua. Se prevé un acopio en obra.
- Mandil de cuero.
  
- Protección extremidades superiores:
  - Guantes de goma finos, para albañiles y operarios que trabajen en hormigonado.
  - Guantes de cuero anticorte, para manejo de materiales y objetos.
  - Guantes dieléctricos para su utilización en baja tensión.
  - Equipo de soldador.
  
- Protección extremidades inferiores:
  - Botas de seguridad clase III.
  - Botas de agua, de acuerdo con Mt-27.

#### **2.1.4.2 PROTECCIONES COLECTIVAS**

- Señalización general:
  - Señales de STOP en salidas de vehículos.
  - Obligatorio uso de casco, cinturón de seguridad, gorras, mascarilla, protectores auditivos, botas y guantes.
  - Riesgo eléctrico, caída de objetos, caída a distinto nivel, maquinaria pesada en movimiento, cargas suspendidas, incendio y explosiones.
  - Entrada y salida de vehículos.
  - Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra, prohibido encender fuego.
  -
- Instalación eléctrica:
  - Conductor de protección y pica o placa de puesta a tierra.

- 
- Interruptores diferenciales de 30 mA de sensibilidad para alumbrado y de 300 mA para fuerza.
  - Excavaciones:
    - Protección contra caída de las mismas.
  - Vaciados:
    - Para el acceso del personal al tajo, se utilizarán escaleras independientes del acceso de los vehículos.
    - Barandilla de protección.
  - Estructuras:
    - Redes tipo horca en edificación.
    - Redes horizontales en digestores y obras de fábrica en altura.
    - Mallazo resistente en huecos horizontales.
    - Barandillas rígidas en encofrados en altura.
    - Castilletes de hormigonado.
    - Peldañado de escaleras.
    - Carro portabotellas.
    - Válvulas antiretroceso en mangueras.
  - Albañilería:
    - Plataformas metálicas en voladizo para descargar de materiales a plantas.
    - Redes horizontales en huecos.



- Cubiertas:
  - En obras de edificación.
  - Plataformas de seguridad en borde cubierta.
  - Cables para anclaje cinturón de seguridad.
  
- Instalaciones de seguridad:
  - Salvavidas.
  - Cinturones de seguridad.
  - Conjunto de carteles para señalización de peligro.
  - Cascos contra ruidos.
  - Equipo completo de primeros auxilios.
  - Extintor nieve carbónica.
  - Extintores de CO<sub>2</sub>.
  - Extintores de polvo químico.

#### **2.1.4.3 FORMACIÓN**

Se impartirá formación en materia de Seguridad y Salud en el trabajo, al personal de obra.

#### **2.1.4.4 MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS**

- Botiquines:

Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad y Salud en el Trabajo.

- Asistencia a accidentados:

Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades laborales, Ambulatorios, etc.) donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Es muy conveniente disponer en la obra, y en sitio bien visible, de una lista con teléfonos y direcciones de los Centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de asistencia.

- Reconocimientos médicos:

Todo el personal que empiece a trabajar en la obra, deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo, y que será repetido en el período de un año.

### **2.1.5 PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS**

Se señalará de acuerdo con la normativa vigente, los cortes de calles, los accesos a viviendas y se balizará y vallará la zanja, tomándose las adecuadas medidas de seguridad que el caso requiera.

Se señalarán los accesos naturales a la obra, prohibiéndose el paso a toda persona ajena de la misma, colocándose en su caso los cerramientos necesarios.

### **2.1.6 RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LA MAQUINARIA DE OBRA**

Se describen a continuación los “riesgos más comunes” durante la utilización de las distintas máquinas. Asimismo se describen las “normas preventivas” y los “equipos de protección individual” a utilizar, a fin de que los riesgos queden anulados o reducidos.

**Pala cargadora.**

- Riesgos más comunes (Figura 7).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Choques con otros vehículos	x				x			x			
Atropellos	x				x			x			
Incendios		x				x		x			
Caída de la pala por pendientes	x					x			x		
Quemaduras	x					x		x			
Proyección de fragmentos o partículas	x				x			x			
Sobreesfuerzos		x			x			x			
Exposición a agentes físicos: ruidos, vibraciones.		x		x			x				

Figura 7.- Riesgos pala cargadora

- Normas preventivas:

- Se desplazará a velocidad moderada, especialmente en lugares de mayor riesgo (pendientes y rampas, bordes de excavación, cimentaciones, etc).
- Se extremarán las precauciones de maniobras de marcha atrás.
- Se cargará el cazo, teniendo en cuenta la estabilidad del material cargado para evitar caídas.
- Se asegurará que el área en que se maniobra está despejada de personal.
- En los aprovisionamientos de combustible, se cumplirán y harán cumplir las normas, para evitación de incendios (motor parado, prohibición de fumar, etc).
- Una vez parada la máquina, la cuchara siempre quedará apoyada sobre el terreno, con el fin de que no pueda caer y producir un accidente.
- Siempre que se desplace de un lugar a otro con la máquina, lo hará con la cuchara bajada.

- Se prohíbe terminantemente transportar pasajeros en la máquina.

Al finalizar la jornada, o durante los descansos, se observarán las siguientes reglas:

- La cuchara se debe apoyar en el suelo.
  - Nunca se deberá dejar la llave de contacto puesta.
  - Se dejará metida una marcha contraria al sentido de la pendiente.
  - Estará prohibida la permanencia de personas en la zona de trabajo de la máquina.
- Normas preventivas para el operador de la pala cargadora:
    - Antes de bajarse de la máquina, apoyar el cazo en el suelo.
    - Cuidar la limpieza del tajo y su entorno.
    - Cargar el cazo de manera estable para evitar caída de piedras.
    - Exigir que el área de trabajo de su máquina esté despejada para evitar accidentes.
    - El sistema de articulado puede aprisionar. Extremar las precauciones.
    - En ausencia del capataz, la responsabilidad es del operador.
  - Equipos de Protección Individual:
    - Casco de seguridad (al bajar la máquina).
    - Botas antideslizantes.
    - Ropa de trabajo adecuada.
    - Gafas de protección contra el polvo y proyecciones.
    - Guantes.
    - Cinturón antivibratorio.
    - Auriculares antirruído.

**Retroexcavadora.**

- Riesgos más comunes (Figura 8).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Manejo imprudente de la máquina	x					x	x				
Desconocimiento del lugar del trabajo		x		x			x				
Realizar el trabajo sin el conocimiento de la máquina	x					x		x			
Trabajar en terreno con pendiente o inestable		x			x		x				
Atropello, vuelco		x				x		x			
Choque con otros vehículos	x				x			x			
Golpes		x			x			x			

**Figura 8.-** Riesgos en retroexcavadora

- Normas preventivas:

- No se realizarán reparaciones u operaciones de mantenimiento con la máquina en funcionamiento.
- El conductor no abandonará la máquina sin parar el motor y sin poner la marcha contraria al sentido de la pendiente.
- Todo el personal de obra estará fuera del radio de acción de la máquina para evitar atropellos y golpes durante los movimientos de ésta o por algún giro imprevisto.
- Al circular, lo hará con la cuchara plegada.
- Al finalizar el trabajo, la cuchara quedará apoyada en el suelo o plegada sobre la máquina, y se retirará la llave de contacto.
- Durante la excavación del terreno, la máquina estará calzada mediante sus zapatas hidráulicas.
- Al descender por la rampa, el brazo de la cuchara estará situado en la parte trasera de la máquina.

- Equipos de Protección Individual:
  - Casco de seguridad (al abandonar la máquina)
  - Ropa de trabajo adecuada.
  - Botas antideslizantes.
  - Cinturón antivibratorio.
  - Guantes de cuero.
  - Mascarilla antipolvo.

### Rodillo vibrante autopropulsado.

- Riesgos más comunes (Figura 9).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Manejo imprudente de la máquina	x					x	x				
Desconocimiento del lugar del trabajo		x		x			x				
Realizar el trabajo sin el conocimiento de la máquina	x					x		x			
Trabajar en terreno con pendiente o inestable		x			x		x				
Atropello, vuelco		x				x		x			
Choque con otros vehículos	x				x			x			
Golpes		x			x			x			

Figura 9.- Riesgos en rodillo

- Normas preventivas:
  - El operador permanecerá en su puesto de trabajo, sin abandonar éste hasta que el rodillo esté parado.
  -

- Vigilará especialmente la estabilidad del rodillo cuando circule sobre superficies inclinadas, así como de la consistencia mínima del terreno, necesarias para conservar dicha estabilidad.

- Equipos de Protección Individual:

- Casco de seguridad (al bajar de la máquina).
- Calzado de seguridad antideslizante.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Cinturón antivibratorio.
- Guantes.
- Protectores antirruído.

### Camión hormigonera.

- Riesgos más comunes (Figura 10).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Manejo imprudente de la máquina	x					x	x				
Desconocimiento del lugar del trabajo		x		x			x				
Realizar el trabajo sin el conocimiento de la máquina	x					x		x			
Caída de objetos sobre el conductor		x			x		x				
Atropello, vuelco		x				x		x			
Choque con otros vehículos	x				x			x			
Golpes		x			x			x			

Figura 10.- Riesgos en camión hormigonera

- Normas preventivas:
  - El recorrido de los camiones-hormigonera en el interior de la obra se efectuará según se indique.
  - Las rampas de acceso a los tajos no superarán la pendiente del 20% (como norma general), en proyecciones de atoramientos o vuelcos de los camiones-hormigonera.
  - Las operaciones de vertido a lo largo de cortes en el terreno se efectuarán sin que las ruedas de los camiones-hormigonera sobrepasen 2 metros (como norma general) del borde.
  
- Equipos de Protección Individual:
  - Casco de polietileno.
  - Ropa de trabajo.
  - Guantes de PVC o goma.
  - Guantes de cuero.
  - Botas de seguridad.
  - Impermeables para tiempo lluvioso.

### Hormigonera eléctrica.

- Riesgos más comunes (Figura 11).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Golpes por elementos móviles	x			x			x				
Sobreesfuerzos		x			x			x			
Vibraciones y ruidos			X	X			X				
Polvo		X		X			X				

Figura 11.- Riesgos en hormigonera eléctrica



- Normas preventivas:

- Las hormigoneras pasteras, se ubicarán en los lugares señalados, alejados de tomas con riesgo de caída de altura, zonas de batido de cargas...
- La zona de ubicación de la hormigonera quedará señalizada mediante cinta de señalización.
- Existirá un camino de acceso fijo a la hormigonera para los dúmperes, separado del de las carretillas manuales, en prevención de los riesgos por golpes o atropellos.
- Se establecerá un entablado de un mínimo de 2 m de lado, para superficies de estancia del operador de las hormigoneras, en prevención de los riesgos por trabajar sobre superficies irregulares.
- Las hormigoneras pasteras a utilizar en esta obra, tendrán protegidos mediante una carcasa metálica los órganos de transmisión -correas, corona y engranajes-para evitar los riesgos de atrapamiento.
- Las hormigoneras pasteras a utilizar en esta obra, estarán dotadas de freno de basculamiento del bombo, para evitar los sobreesfuerzos y los riesgos por movimientos descontrolados.
- La alimentación eléctrica se realizará de forma aérea a través del cuadro auxiliar, en combinación con la tierra y los disyuntores del cuadro general (o de distribución), eléctrico.
- Las carcasas y demás partes metálicas de las hormigoneras pasteras estarán conectadas a tierra.
- El personal encargado del manejo de la hormigonera estará autorizado mediante acreditación escrita.
- La botonera de mandos eléctricos de la hormigonera lo será de accionamiento estanco, en prevención del riesgo eléctrico.

- Las operaciones de limpieza directa-manual, se efectuarán previa desconexión de la red eléctrica de la hormigonera, para previsión del riesgo eléctrico. Las operaciones de mantenimiento estarán realizadas por personal especializado para tal fin.
- El cambio de ubicación de la hormigonera pastera a gancho de grúa se efectuará mediante la utilización de un balancín (o aparejo indeformable), que la suspenda pendiente de cuatro puntos seguros.

- Equipos de Protección Individual:

- Casco de polietileno.
- Gafas de seguridad antipolvo (antisalpicaduras de pasta).
- Ropa de trabajo.
- Guantes de goma o de PVC.
- Guantes impermeabilizados (manejo de cargas).
- Calzado de seguridad.
- Botas de seguridad de goma o de PVC.
- Trajes impermeables.
- Protectores auditivos.
- Mascarilla con filtro mecánico recambiable, o de un solo uso.

### Vibrador.

- Riesgos más frecuentes (Figura 12.)

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Electrocuciones, por contacto indirecto.	X				X			X			
Golpes en manos, pies y cabeza.		X		X				X			
Explosiones e incendios.	X					X			X		

Figura 12.- Riesgos en vibrador

- Normas preventivas:
  - La operación de vibrado se realizará siempre desde una posición estable.
  - La manguera de alimentación desde el cuadro eléctrico estará protegida. Se cuidará de su perfecto estado a fin de que no pierda aislamiento.
  - En evitación de descargas eléctricas el vibrador tendrá toma de tierra.
  
- Equipos de Protección Individual:
  - Casco.
  - Calzado de seguridad.
  - Botas de goma (Clase III).
  - Guantes dieléctricos (en vibradores eléctricos).
  - Gafas de protección contra las salpicaduras.

### Camión grúa.

- Riesgos más comunes (Figura 13.).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Manejo imprudente de la máquina	x					x	x				
Desconocimiento del lugar del trabajo		x		x			x				
Realizar el trabajo sin el conocimiento de la máquina	x					x		x			
Desplome de la carga	x					x		x			
Vuelco		x				x		x			
Golpes		x			x			x			

**Figura 13.-** Riesgos en camión grúa

- 
- Normas preventivas:
    - Antes de iniciar las maniobras de carga, se instalarán calzos inmovilizadores en las cuatro ruedas y en los gatos estabilizadores.
    - Las maniobras de carga y descarga serán dirigidas por especialistas, en prevención de riesgos por maniobras incorrectas.
    - Los ganchos de cuelgue estarán dotados de pestillos de seguridad.
    - No se sobrepasará la carga máxima admisible fijada por el fabricante del camión.
    - El gruista tendrá en todo momento a la vista la carga suspendida. Si esto no fuera posible, las maniobras serán dirigidas por un señalista.
    - Se prohíbe estacionar o circular con el camión a distancias inferiores a 2 metros de corte de terreno.
    - No realizar nunca arrastres de carga o tirones sesgados.
    - Se prohíbe la permanencia de personas en torno al camión, a distancias inferiores a 5 metros.
    - No permanecerá nadie bajo las cargas en suspensión.
    - No dar marcha atrás sin la ayuda del señalista.
    - No se abandonarán nunca el camión con una carga suspendida.
    - Ninguna persona ajena al operador accederá a la cabina o manejará los mandos.
    - Todos los ganchos de los aparejos, balancines, eslingas o estribos poseerán pestillos de seguridad.
  
  - Equipos de Protección Individual:
    - Casco de seguridad (siempre que abandone la cabina).
    - Guantes de cuero.
    - Calzado de seguridad antideslizante.

- Ropa de trabajo.

### Grúa autopropulsada.

- Riesgos más comunes (Figura 14.).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Caída de objetos sobre el conductor		x			x		x				
Atropellos	x				x			x			
Vuelco		x				x		x			
Golpes		x			x			x			
Caídas a distinto nivel	X				X			X			

Figura 14.- Riesgos en grúa autopropulsada

- Normas preventivas:
  - Se especificará el lugar de estación de la grúa.
  - La grúa autopropulsada a utilizar en esta obra, tendrá al día el libro de mantenimiento, en prevención de los riesgos por fallos mecánicos.
  - El gancho (o doble gancho) de la grúa autopropulsada estará dotado de pestillo (o pestillos) de seguridad, en prevención del riesgo de desprendimiento de la carga.
  - Las maniobras de carga (o de descarga), estarán siempre guiadas por un especialista, en prevención de los riesgos por maniobras incorrectas.
  - Se prohíbe expresamente, sobrepasar la carga máxima admitida por el fabricante de la grúa autopropulsada, en función de la longitud en servicio del brazo.
  - El gruista tendrá la carga suspendida siempre a la vista. Si esto no fuere posible, las maniobras estarán expresamente dirigidas por un señalista.

- Equipos de Protección Individual:

- Casco de polietileno.
- Guantes de cuero.
- Calzado de seguridad.
- Ropa de trabajo.

### Sierra circular de mesa.

- Riesgos más comunes (Figura 15).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Cortes o amputaciones por contacto con el dentado del disco en movimiento.		x				x				x	
Proyección de la madera.			x		x			x			
Proyección del disco o parte de él.	x					x				x	
Atrapamientos.		x				x			x		
Descargas eléctricas por falta de adecuada puesta a tierra.	x				x			x			
Incendios.		x				x		x			

Figura 15.- Riesgos en sierra circular de mesa

- Normas preventivas:

- Las máquinas de sierra circular a utilizar en esta obra, estarán dotadas de los siguientes elementos de protección:
  - Carcasa de cubrición del disco.
  - Cuchillo divisor del corte.
  - Empujador de pieza a cortar y guía.

- Carcasa de protección de las transmisiones por poleas.
- Interruptor estanco.
- Toma de tierra.
  
- Se ubicarán en los lugares señalados (alejadas de las zonas con riesgo de caída en altura, encharcamientos y embarrados, batido de cargas etc).
- Se controlará el estado de los dientes del disco, así como la estructura de éste.
- Se manejará por personal autorizado expresamente.
  
- Equipos de Protección Individual:
  - Casco de seguridad.
  - Guantes de cuero.
  - Gafas de protección contra las proyecciones de partículas de madera.
  - Calzado de seguridad.
  - Mascarilla antipolvo.
  - Faja elástica (corte de tablones).

### **2.1.7 RIESGOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE LOS MEDIOS AUXILIARES**

Se describe a continuación los "riesgos más comunes" durante el montaje y la utilización de estos medios auxiliares. Asimismo se describen las "normas preventivas" y los "equipos de protección individual", a fin de que los riesgos queden anulados o reducidos.

#### **Andamios. Normas en general.**

- Riesgos más comunes (Figura 16).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Caídas a distinto nivel	X				X			X			
Caídas al mismo nivel	X			X			X				
Atrapamiento	X				X		X				
Desplome del andamio	X					X		X			
Golpes por objetos		X		X				X			
Caída de objetos		X		X			X				

Figura 16.- Riesgos en andamios

• Normas preventivas:

- Los andamios siempre se arriostrarán para evitar los movimientos indeseables que puedan hacer perder el equilibrio a los trabajadores.
- Antes de subirse a una plataforma andamiada deberá revisarse toda su estructura para evitar las situaciones inestables.
- Los tramos verticales (módulos o pies derechos), de los andamios se apoyarán sobre tablonos de reparto de cargas.
- Los pies derechos de los andamios en las zonas de terreno inclinado, se suplementarán mediante tacos o porciones de tablón, trabadas entre sí y recibidas al durmiente de reparto.
- Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm de anchura y estarán firmemente ancladas a los apoyos de tal forma que se eviten los movimientos por deslizamiento o vuelco.
- Las plataformas de trabajo, independientemente de la altura, poseerán barandillas perimetrales completas de 90 cm de altura, formadas por pasamuros, barra o listón intermedio y rodapié.
- Las plataformas de trabajo permitirán la circulación e intercomunicación necesaria para la realización de los trabajos.



- 
- Los tabloneros que formen las plataformas de trabajo estarán sin defectos visibles, con buen aspecto y sin nudos que mermen su resistencia. Estarán limpios, de tal forma que puedan apreciarse los defectos por uso y su canto será de 5 cm como mínimo. Se tenderá a la utilización de plataformas metálicas.
  - Se prohíbe abandonar en las plataformas sobre los andamios, materiales o herramientas. Pueden caer sobre las plataformas o hacerles tropezar y caer al camino sobre ellas.
  - Se prohíbe arrojar escombros directamente desde los andamios. El escombros se recogerá y descargará de planta en planta, o bien se verterá a través de trompas.
  - Se prohíbe fabricar morteros (o asimilables) directamente sobre las plataformas de los andamios.
  - La distancia de separación de un andamio y el paramento vertical de trabajo no será superior a 30 cm en prevención de caídas.
  - Se prohíbe "saltar" de la plataforma andamiada al interior del edificio; el paso se realiza mediante una pasarela instalada para tal efecto.
  - Los andamios se inspeccionarán diariamente por el Capataz, Encargado o el Vigilante de Seguridad, antes del inicio de los trabajos, para prevenir fallos o faltas de medidas de seguridad.
  - Los elementos que denoten algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de inmediato para su reparación (o sustitución).
  - Los reconocimientos médicos previos para la admisión del personal que deba trabajar sobre los andamios de esta obra, intentarán detectar aquellos trastornos orgánicos (vértigo, epilepsia, trastornos cardíacos, etc), que puedan padecer y provocar accidentes al operario. Los resultados de los reconocimientos se presentarán a la Dirección Facultativa (o a la Jefatura de Obra).

- Equipos de Protección Individual:
  - Casco de polietileno (preferible con barbujeo).
  - Botas de seguridad (según casos).
  - Calzado antideslizante (según casos).
  - Cinturón de seguridad (clases A y C).

### Escaleras de mano.

- Riesgos más comunes (Figura 17).

	Probabilidad			Gravedad			Magnitud del riesgo				
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	MA	E
Vuelcos y/o roturas de las mismas debido a desnivelamiento, falta de rigidez, exceso de peso, mala estabilidad, etc		x				x			x		
Tropezones y caídas del personal (caídas al mismo y distinto nivel).			x			x			x		
Vuelcos y caídas de los materiales.		x			x			x			

Figura 17.- Riesgos en escaleras de mano

- Normas preventivas:

#### De prevención al uso de escaleras de madera:

- Las escaleras de madera a utilizar en esta obra, tendrán los siguientes largueros de una sola pieza, sin defectos ni ruidos que puedan mermar su seguridad.
- Los peldaños (travesaños) de madera estarán ensablados.

- Las escaleras de madera estarán protegidas de la intemperie mediante barnices transparentes, para que no oculten los posibles defectos.

#### De aplicación al uso de escaleras metálicas:

- Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.
- Las escaleras metálicas estarán pintadas con pintura antioxidación que las preserven de las agresiones de la intemperie.
- Las escaleras metálicas a utilizar en esta obra, no están suplementadas con uniones soldadas.

#### De aplicación al uso de escaleras de tijera:

- Son de aplicación las condiciones enunciadas en los apartados a y b para las calidades "madera o metal".
- Las escaleras de tijera a utilizar en esta obra, estarán dotadas en su articulación superior, de topes de seguridad de apertura.
- Las escaleras de tijera estarán dotadas hacia la mitad de su altura, de cadenilla (o de cable de acero) de limitación de apertura máxima.
- Las escaleras de tijera se utilizarán siempre como tales abriendo ambos largueros para no mermar su seguridad.
- Las escaleras de tijera en posición de uso, estarán con los largueros en posición de máxima apertura para no mermar la seguridad.
- Las escaleras de tijera nunca se utilizarán a modo de borriquetas para sustentar las plataformas de trabajo.
- Las escaleras de tijera no se utilizarán, si la posición necesaria sobre ellas para un determinado trabajo, obliga a ubicar los pies en los 3 últimos peldaños.

- Las escaleras de tijera se utilizarán montadas siempre sobre pavimentos horizontales.

Para el uso de escaleras de mano, independiente de los materiales que las constituyen:

- Se prohíbe la utilización de escaleras de mano en esta obra para salvar alturas superiores a 5 m.
- Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, estarán dotadas en su extremo inferior de zapatas antideslizantes de Seguridad.
- Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, estarán firmemente amarradas en su extremo superior al objeto o estructura al que dan acceso.
- Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, sobrepasarán en 1 m la altura a salvar.
- Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, se instalarán de tal forma, que su apoyo inferior diste de la proyección vertical del superior,  $\frac{1}{4}$  de la longitud del larguero entre apoyos.
- Se prohíbe en esta obra transportar pesos a mano (a hombros), iguales o superiores a 25 Kg sobre las escaleras de mano.
- Se prohíbe apoyar la base de las escaleras de mano de esta obra, sobre lugares u objetos poco firmes que puedan mermar la estabilidad de este medio auxiliar.
- El acceso de operarios en esta obra, a través de las escaleras de mano, se realizarán de uno en uno. Se prohíbe la utilización al unísono de la escalera a dos o más operarios.
- El acceso y descenso y trabajo a través de las escaleras de mano de esta obra, se efectuará frontalmente, es decir, mirando directamente hacia los peldaños que se estén utilizando.

- Equipos de Protección Individual:
  - Casco de polietileno.
  - Botas de seguridad.
  - Calzado antideslizante.
  - Cinturón de seguridad Clase A o C.

## **2.2 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES**

### **2.2.1 NORMAS LEGALES Y REGLAMENTARIAS**

Siendo tan variadas y amplias las normas aplicables a la Seguridad y Salud en el Trabajo, en la ejecución de la obra se establecerán los principios que siguen. En caso de diferencia o discrepancias, predominará la de mayor rango jurídico sobre la de menor. En el mismo caso, a igualdad de rango jurídico predominará la moderna sobre la más antigua.

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en:

- Real Decreto por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción (R.D. 1627/97 de 24 de Octubre).
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1980, de 10 de Marzo) (B.O.E. 14-3-1980).
- Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo (R. D. 486/1997, de 14 abril).
- Estatuto de los Trabajadores, texto refundido, R.D. 1/95 de 24 de marzo.
- Ley 31/95, de 8 de noviembre, de Prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 39/97, de 17 de enero, Reglamento de los servicios de prevención.
- Reglamento de Seguridad y Salud en la Industria de la Construcción (O.M. 20-5-52) (B.O.E. 15-6-52).

- 
- Reglamento de Explosivos (Real Decreto 230/1998, de 16 de Febrero) (B.O.E. 12-3-1998).
  - Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (O.M. 20-9-73) (B.O.E. 9-10-73).
  - Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión (O.M. 28-11-68).
  - Real Decreto 229/85, de 8 de noviembre por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención de los mismos.
  - Orden de 28 de Junio de 1988, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AEM2 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención referente a grúas torre desmontables para obra.
  - Orden de 16 de Abril de 1990 por la que se modifica la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AEM2 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención referente a grúas desmontables para obra.
  - Real Decreto 2370/96, de 18 de Noviembre, por el que se aprueba la instrucción técnica complementaria MIE-AEM4 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención referentes a "grúas móviles autopropulsadas usadas".
  - Instrucción 8.3.-I.C. sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas en vías fuera de poblado (O.M. 31-8-87) (B.O.E. 18-9-87).
  - Modificación del artículo 104 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (O.M. 28-9-89)(B.O.E. 9-10-89).
  - Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.
  - Disposiciones Mínimas en materia de Señalización de Seguridad y salud en el trabajo (R.D. 485/1997 del 14 de abril) (B.O.E. 23-4-97).
  - Reglamento de aparatos elevadores para obras (O.M. 23-5-77) (B.O.E.14-6-77).

- 
- Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (B.O.E.12-6-85).
  - Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas y centros de transformación (B.O.E. 1-12-82).
  - Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (Decreto 3151/68, de 28 de Noviembre).
  - Requisitos y datos que deben reunir las comunicaciones de apertura previa a la reanudación de actividades en los centros de trabajo (O.M. 6-10-86) (B.O.E. 8-10-86).
  - Reglamento de Recipientes a Presión (Decreto 2443/69, 16-8-69) (B.O.E. 28-10-69).
  - Reglamento de Seguridad en las máquinas (R.D. 830/1991, de 24 de Mayo) (B.O.E. 31-5-91).
  - Real Decreto 1407/1992, de 20 de Noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual, y orden de 16 de mayo de 1994 y Real Decreto 159/1995 modificando el citado Real Decreto.
  - Real Decreto 1435/92, de 27 de Noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
  - Real Decreto 487/97, de 14 de abril, Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
  - Real Decreto 488/97, de 14 de Abril, sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
  - Real Decreto 664/97, de 12 de mayo, Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

- Real Decreto 665/97, de 12 de mayo, Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Real Decreto 773/97, de 30 de mayo, Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/97, de 18 de julio, Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1316/89, de 27 de octubre, Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido.
- Real Decreto 1389/97, de 5 de Septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la Seguridad y la Salud de los trabajadores en las actividades mineras.
- Las Normas UNE e ISO, que alguna de las disposiciones anteriores señalan como de obligado cumplimiento.
- Demás disposiciones oficiales relativas a la seguridad y Salud en el Trabajo que puedan afectar a los trabajos que se realicen en obra.

### **2.2.2 PRESCRIPCIONES DE LA MAQUINARIA**

La maquinaria solo será utilizada por personal competente, con la adecuada formación y autorización del empresario.

Se utilizará según las instrucciones del fabricante que en todo momento acompañarán a las máquinas y será conocida por los operadores de las máquinas.

Los mantenimientos se realizarán siguiendo las instrucciones del fabricante.



En todo momento se cumplirá lo dispuesto por el Real Decreto 1215/97, de 18 de Julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

### **2.2.3 PRESCRIPCIONES DE ÚTILES Y HERRAMIENTAS**

Los útiles y herramientas estarán en buenas condiciones de uso y solo se utilizarán para las tareas para las que han sido diseñadas.

Las herramientas manuales eléctricas cumplirán las mismas condiciones que la maquinaria.

### **2.2.4 CONDICIONANTES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN**

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva, tienen fijado un período de vida útil, desechándose a su término. Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido el previsto en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega. Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente) será desechado y repuesto al momento.

#### **2.2.4.1 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL**

Las protecciones individuales, son las prendas o equipos que de una manera individualizada utiliza el trabajador, de acuerdo con el trabajo que realiza. No suprimen el origen del riesgo y únicamente sirven de escudo o colchón amortiguador del mismo. Se utilizan cuando no es posible el empleo de las colectivas. Obligatoriamente cumplirán estas protecciones personales las condiciones mínimas que se indican en el Real Decreto 1407/92 de 20 de Noviembre y el Real Decreto 773/97, de 30 de Mayo, sobre disposiciones mínimas

de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

#### **Ropa de trabajo.**

La ropa de trabajo que todo trabajador llevará: mono, o camisa y pantalón, de tejido ligero y flexible, se ajustará al cuerpo con comodidad, facilidad de movimiento y bocamangas ajustadas. Cuando sea necesario, se dotará al trabajador de delantales, mandiles, petos, chaleco o cinturones anchos que refuercen la defensa del tronco.

#### **Protección de la cabeza.**

En estos trabajos se utilizarán cascos de seguridad no metálicos. Estos cascos dispondrán de atalaje interior, desmontable y adaptable a la cabeza del obrero. En caso necesario, deben disponer de barbuquejo, que evite su caída en ciertos tipos de trabajo.

#### **Protección de la cara.**

Esta protección se consigue normalmente mediante pantallas, existiendo varios tipos:

- a) Pantallas abatibles con arnés propio.
- b) Pantallas abatibles sujetas al casco de cabeza.
- c) Pantallas con protección de cabeza incorporada.
- d) Pantallas de mano.

#### **Protección de los oídos.**

Cuando el nivel de ruido sobrepasa los 85 decibelios, que establece el Real Decreto 1316/89 como límite, se utilizarán elementos de protección auditiva. Estos serán auriculares antirruido o tapones endúrales.

**Protección de la vista.**

Dedicación especial, ha de observarse en relación con este sentido, dada su importancia y riesgo de lesión grave. Los medios de protección ocular solicitados en función del riesgo específico a que vayan a ser sometidos. Señalaremos entre otros:

- a) Choque o impacto de partículas o cuerpos sólidos
- b) A la acción de polvos y humos.
- c) A la proyección o salpicaduras de líquidos.
- d) Radiaciones peligrosas y deslumbramientos.

Por ello utilizaremos:

- a) Gafas de montura universal con oculares de protección contra impactos y correspondientes protecciones adicionales.
- b) Pantallas normalizadas.

**Protección de las extremidades inferiores.**

Cuando se trabaje en tierras húmedas y en puesta en obra y extendido de hormigón, se emplearán botas de goma vulcanizadas de media caña, tipo pocero, con suela antideslizante.

Para los trabajos en que exista posibilidad de perforación de las suelas por clavos o puntas se utilizará calzado con plantillas de resistencia a la perforación.

**Protección de las extremidades superiores.**

En este tipo de trabajo la parte de la extremidad más expuesta a sufrir deterioro son las manos. Por ello contra las lesiones que puede producir el cemento se utilizarán guantes de goma o de neopreno. Para las contusiones o arañazos que

se ocasionan en descargas y movimientos de materiales, así como en la colocación del hierro, se emplearan guantes de cuero o manoplas específicas al trabajo a ejecutar. Para los trabajos con elasticidad, además de las recomendaciones de carácter general, los operarios dispondrán de guantes aislantes de la electricidad.

#### **Protección del aparato respiratorio.**

Al existir en estos trabajos buena ventilación, y no utilizarse sustancias nocivas, únicamente habrá que combatir los polvos que se produzcan en el movimiento general de tierras. Para ello se procederá a regar el terreno, así como a que el personal utilice adaptadores faciales, tipo mascarillas, dotados con filtros mecánicos con capacidad mínima de retención del 95%.

#### **Cinturón de Seguridad. Trabajos en altura.**

En todos los trabajos en altura con peligro de caída al no poder utilizar protecciones colectivas, es obligatorio el uso del cinturón de seguridad. Llevarán cuerda de amarre o cuerda salvavidas de fibra natural o artificial, tipo nylon o similar, con mosquetón o enganche, siendo su longitud tal que no permita una caída a un plano inferior, superior a 1,50 m de distancia.

### **2.2.4.2 PROTECCIONES COLECTIVAS**

En su conjunto son los más importantes y se emplearán con preferencia a las individuales y acordes a las distintas unidades o trabajos a ejecutar. También en ellos podemos distinguir: uno de aplicación general, es decir, que tienen o deben tener presencia durante toda la obra, citemos señalizaciones, instalación eléctrica, extintores, etc, y otros que se emplean sólo en determinados trabajos: andamios, barandillas, vallas, etc. Pasamos a comentar los primeros, en orden cronológico a su utilización.

## **Señalización**

Tiene una utilización general en toda la obra. Se emplearán con el criterio dispuesto en el artículo 4 del R.D. 485/97, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Se emplearán señales de distintos tipo:

- Señales de prohibición.
- Señales de advertencia.
- Señales de obligación.
- Señal de salvamento o socorro.

Las señales de prohibición y obligación tendrán forma de círculo y sus fondos rojos y azules, respectivamente. Para los carteles de advertencia la forma establecida es la triangular con el fondo amarillo. La forma rectangular es la reservada para la señalización de información con fondos azules o verdes. La correcta utilización de estas señales y el cumplimiento de sus indicaciones evitarán las situaciones peligrosas y numerosos accidentes.

## **Instalación eléctrica.**

La instalación eléctrica que, con carácter general, ha de suministrar energía a los distintos núcleos de trabajo, cumplirá lo establecido en los Reglamentos de Alta y Baja Tensión y resoluciones complementarias del Ministerio de Industria, así como la norma de la Ordenanza General de Seguridad y Salud en el Trabajo, en su capítulo 6, Artículo 51, 52, 59 y 60. Los cuadros de distribución estarán formados por armarios metálicos normalizados, con placa de montaje al fondo, fácilmente accesible desde el exterior. Para ello dispondrá de puerta con una cerradura con llave y con posibilidad de poner un candado. Dispondrá de:

- Seccionador de tierra.
- Interruptor diferencial

El interruptor diferencial será de media sensibilidad, es decir, de 300 mA, en caso de que todas las máquinas y aparatos estén puestos a tierra, y los valores de la resistencia de estas no sobrepasen los 80 Ohmios de resistencia. Para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos dispondrán de fusibles o interruptores automáticos del tipo magneto-térmico. De este cuadro de distribución que consideremos general se efectuarán la toma de corriente para los circuitos secundarios, que igualmente dispondrán de armarios con entrada de corriente estanco, con llegada de fuerza siempre sobre base de enchufe hembra. Estos cuadros dispondrán de borna general de toma de tierra, de un interruptor de corte omnipolar, tipo normal, cortocircuitos calibrados para cada una de las tomas, tres como máximo, y diferencial de alta sensibilidad (30 mA).

### **Medidas de seguridad en instalaciones eléctricas.**

Como normas generales de actuación en relación con estas instalaciones deben observarse las siguientes: los bornes, tanto de cuadros como de máquinas, estarán protegidos con material aislante. Los cables de alimentación a máquinas y herramientas tendrán cubiertas protectoras, serán del tipo antihumedad y no deberán estar en contacto o sobre el suelo en zonas de tránsito.

Está totalmente prohibida la utilización de las puntas desnudas de los cables, como clavijas de enchufe macho. En los almacenes de obra se dispondrá de recambios análogos, y un número suficiente, para en cualquier momento poder sustituir el elemento deteriorado, sin perjuicio para la instalación y para las personas. Todas las líneas eléctricas quedan sin tensión al dar por finalizado el trabajo, mediante corte de seccionador general.

La revisión periódica de todas las instalaciones es condición imprescindible. Se realizará con la mayor escurpulosidad por personal especializado. Afecta tanto al aislamiento de cada elemento o máquina, así como el estado de mecanismo, protecciones, conductores, cables, del mismo modo que a sus conexiones o empalmes.

Los portalámparas serán de material aislante, de forma que no produzca contacto con otros elementos o cortocircuitos. Toda reparación se realizará previo corte de corriente, y siempre por personal cualificado.

Los cuadros eléctricos permanecerán quedando las llaves en poder de persona responsable. Se señalará mediante carteles el peligro de riesgo eléctrico, así como el momento en que se estén efectuando trabajos de conservación.

#### **Protección contra incendios.**

Para la prevención de este riesgo se dispondrá en obra de extintores portátiles de polvo seco polivalente para fuegos tipo A y B de dióxido de carbono para fuegos de origen eléctrico.

#### **Medidas de seguridad contra el fuego.**

Designación de un equipo especialmente adiestrado en el manejo de estos medios de extinción. Este equipo efectuará ronda de prevención al terminar el trabajo.

Se cortará la corriente desde el cuadro general, en evitación de cortacircuitos, una vez finalizada la jornada laboral.

Se prohíbe fumar en las zonas de trabajo donde exista un peligro evidente de incendio, debido a los materiales que se manejan.

Obligación por parte de todos de comunicar cualquier conato de incendio al personal antes citado.

Colaboración en la extinción, por parte de todo el personal.

Avisar sistemáticamente al servicio de bomberos municipal.

Prohibir el paso a personas ajenas a la Empresa.

Todas las protecciones colectivas utilizadas deberán cumplir las normas establecidas en la legislación vigente.

#### **Vallas autónomas de limitación y protección.**

Tendrán como mínimo 90 cm de altura y estarán constituidas por tubos metálicos.

**Redes de protección.**

Serán de resistencia y luz de malla adecuadas al riesgo específico para el que se instalan y estarán correctamente amarradas.

**Barandillas.**

Se instalarán en los bordes en que exista riesgo de caída, serán de madera o hierro, y se construirán conforme se indica en el Anexo IV del Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salida en las obras de construcción.

**Cables de sujeción del cinturón de seguridad y sus anclajes.**

Tendrán la resistencia suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos de acuerdo con su función protectora.

**Plataforma de trabajo.**

Se construirán conforme se indica en el Anexo IV del R.D. 1627/97, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

**Escalera de mano.**

Serán metálicas, excepto en trabajos eléctricos que deberán ser de material aislante, y dispondrán de zapatas antideslizantes. No se utilizarán escaleras de madera con peldaños clavados, estos deberán ser ensamblados.

**2.2.5 CERTIFICACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD**

Una vez al mes la constructora extenderá la valoración de las partidas que en materia de Seguridad y Salud se hubiesen realizado en la obra; valorándose conforme al Plan de Seguridad y Salud y de acuerdo con los precios contratados por la propiedad. Esta valoración será visada y aprobada por el Coordinador en materia de seguridad y salud



durante la ejecución de las obra o en su defecto por la Dirección Facultativa y sin este requisito no podrá ser abonada por la propiedad.

A la hora de redactar el presupuesto de este Estudio de Seguridad y Salud sólo se han tenido en cuenta las partidas que intervienen como medida de Seguridad y Salud, haciendo omisión de medios auxiliares sin los cuales la obra no se podría realizar.

En caso de ejecutar en obra unidades no previstas en el presente Presupuesto, se definirán total y correctamente las mismas y se les adjudicará el precio correspondiente, procediéndose para su abono, tal y como se indica en el apartado anterior.

En caso de plantearse una revisión de precios, el Contratista comunicará esta proposición a la Propiedad por escrito, habiendo obtenido la aprobación previa de Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra o en su defecto de la Dirección Facultativa.

#### **2.2.6 SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL**

Será preceptivo en la obra que los Técnicos responsables dispongan de cobertura en materia de responsabilidad civil profesional; asimismo el contratista debe de disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que puedan resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo por hechos nacidos de culpa o negligencia; se entiende que esta responsabilidad civil debe quedar ampliada al campo de la responsabilidad civil patronal.

#### **2.2.7 OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS**

##### **La propiedad**

El abono de las partidas presupuestarias en el Estudio de Seguridad y Salud, y concretadas en el Plan de Seguridad y Salud de la Obra, lo realizará la propiedad de la misma al contratista, previa certificación del Coordinador en materia de seguridad

y salud durante la ejecución de la obra o en su defecto de la Dirección Facultativa y expedida conjuntamente con las correspondientes a las demás unidades de obra realizadas.

### **La empresa constructora**

La empresa constructora viene obligada a cumplir las directrices contenidas en el Estudio de Seguridad y Salud a través del Plan de Seguridad, coherente con el anterior y con los sistemas de ejecución que la misma vaya a emplear.

El Plan de Seguridad contará con la aprobación del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o en su defecto de la Dirección Facultativa y será previo al comienzo de la obra. Dicha aprobación se recogerá en un Acta firmada por el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o en su defecto por la Dirección Facultativa y el redactor del Plan de Seguridad y Salud.

Una vez aprobado, una copia del Plan, a efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada al Comité de Seguridad y Salud y en su defecto, a los representantes de los trabajadores en el Centro de Trabajo.

Por último la empresa constructora cumplirá las estipulaciones preventivas del Plan de Seguridad y Salud, respondiendo solidariamente de los daños que se deriven de la infracción del mismo por su parte o de los posibles subcontratistas empleados.

### **La Dirección Facultativa**

La Dirección Facultativa considerará el Plan de Seguridad y Salud como parte integrante de la ejecución de la obra, correspondiente al Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o en su defecto a la Dirección Facultativa el control y supervisión de la ejecución del Plan de Seguridad y Salud, autorizando previamente cualquier modificación de éste, dejando constancia de ello en el libro de incidencias.

## 2.2.8 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

El Contratista está obligado a redactar un Plan de Seguridad y Salud adaptando este Estudio a sus medios y métodos de ejecución.

## 2.3 PRESUPUESTO

PRESUPUESTO		EDAR Mula (Murcia)		
<b>Material de asignación personal</b>				
Nºde Orden	Concepto	Unidades	Precio Unidad (€)	Coste total (€)
1	Casco de protección	50	15,85	792,5
2	Botas de seguridad	50	46,60	2.330
3	Botas de agua.	50	17,95	897,5
4	Guantes de trabajo.	50	7,55	377,5
5	Guantes impermeables humedad y agua	50	9,95	497,5
6	Trajera impermeables.	50	24,75	1.237,5
7	Gafas antiimpactos.	30	25,55	766,5
8	Mascarilla respiratoria.	50	1,91	95,5
9	Protección auditiva.	20	8,75	175
10	Chaleco reflectante	50	18,45	922,5
Coste parcial				8.092
<b>Material de asignación colectiva</b>				
Nºde orden	Concepto	Unidades	Precio Unidad (€)	Coste total (€)
1	Malla perforada de delimitación (m)	1.040	0,43	447,20
2	Cinta de delimitación	700	0,35	245
3	Señales de obligación e informativas	20	25,01	500,2
4	Botiquín primeros auxilios	2	45,06	90,12
5	Tablero o camilla evacuación accidentados	1	90,19	90,19
6	Extintores	3	90,15	270,45
7	Chapa metálica estriada de 15 mm de espesor en paso de tráfico sobre zanjas	60	14,75	885
8	Puesta a tierra compuesta por cable de cobre y electrodo conectado a tierra en cuadros de electricidad	1	200,00	200
9	Interruptor diferencial de sensibilidad 300 mA e	2	95,00	190

	I.D. de sensibilidad 30 mA			
10	Topes para camión de excavación	14	13,35	186,9
11	Tacos para acopios de tubos	10	2,55	25,5
12	Duchas de seguridad	2	100	200
			Coste Parcial	3.330,5
Formación + Medicina preventiva				
		Unidades	Precio Unidad (€)	Coste total (€)
Nºdeorden	Concepto			
1	Charla sobre seguridad y primeros auxilios (h)	25	18,96	474
2	Reconocimientos médicos	50	60,20	3.010
3	Hora de técnico en S.S.	40	21,55	862
			Coste Parcial	4.346
Instalaciones de Higiene y Bienestar				
		Unidades	Precio Unidad (€)	Coste total (€)
Nºdeorden	Concepto			
1	Acometidas de agua y desagües	2	150,00	300
2	Limpieza de instalaciones	8	110,00	880
			Coste Parcial	1.180
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>			<b>16.948,5</b>



# ***PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS***



# ÍNDICE

	PÁGINA
1 ASPECTOS GENERALES .....	350
1.1 CAMPO DE APLICACIÓN	
1.2 DOCUMENTOS QUE REGIRÁN EN LA OBRA	
2 DEFINICIONES .....	350
3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS .....	352
4 CONTRATO .....	358
4.1 FORMA DEL CONTRATO	
4.2 RESOLUCIÓN Y DENUNCIA DEL CONTRATO. SANCIONES	
4.3 CONDICIONES PARTICULARES Y ECONÓMICAS DEL CONTRATO	
4.4 REVISIÓN DE PRECIOS	
4.5 CONDICIONES TÉCNICAS DEL CONTRATO	
4.6 FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO	
4.7 OBLIGACIONES SOCIALES Y LABORALES DEL CONTRATISTA	
5 CONDICIONES ADMINISTRATIVAS QUE REGIRÁN EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	360
5.1 COMPROBACIÓN DEL REPLANTEO	
5.2 PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	
5.3 PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	
5.4 REPRESENTACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN	
5.5 REPRESENTACIÓN DE LA CONTRATA	
5.6 FORMA DE EJECUTAR LAS OBRAS	
5.7 SUSPENSIÓN DE LAS OBRAS	
5.8 OBRAS Y SERVICIOS AUXILIARES	
5.9 CONSERVACIÓN DE LA OBRA	
5.10 APORTACIÓN DE EQUIPO Y MAQUINARIA	
5.11 SANIDAD Y POLICÍA DE LA OBRA	
5.12 PERSONAL DEL CONTRATISTA	
5.13 DAÑOS Y PERJUICIOS	
5.14 ÓRDENES AL CONTRATISTA	
5.15 PERIODO DE CONSTRUCCIÓN	



5.16	PERIODO DE PUESTA A PUNTO	
5.17	PERIODO DE PRUEBA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO	
5.18	RECEPCIÓN PROVISIONAL	
5.19	PERIODO DE GARANTÍA	
5.20	RECEPCIÓN DEFINITIVA	
5.21	LIQUIDACIÓN DEFINITIVA	
5.22	VALORACIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS	
5.23	FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN	
5.24	PRUEBAS Y ENSAYOS PREVIOS A LA RECEPCIÓN PROVISIONAL	
5.25	GASTOS DE LAS PRUEBAS	
5.26	PRUEBAS DE RENDIMIENTO DURANTE EL PERIODO DE GARANTÍA	
5.27	ACTAS DE PRUEBAS	
5.28	PENALIZACIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE CALIDADES, PLAZOS Y RENDIMIENTOS EXIGIDOS	
6	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE REGIRÁN EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE LAS OBRAS.....	379
7	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE DEBERÁN CUMPLIR LOS MATERIALES QUE SE UTILIZARÁN EN LA OBRA CIVIL .....	381
7.1	MOVIMIENTO, DE TIERRAS, DRENAJES Y FIRMES	
7.2	CEMENTO, MORTEROS Y HORMIGONES	
7.3	MATERIALES METÁLICOS	
7.4	MATERIALES PARA EDIFICIOS	
7.5	TUBERÍAS	
7.6	OTROS MATERIALES	
8	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE REGIRÁN EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES.....	399
8.1	DE LOS MOVIMIENTOS DE TIERRAS, DRENAJES Y FIRMES	
8.2	DE LAS OBRAS DE HORMIGÓN	
8.3	DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS	
8.4	DE LA EDIFICACIÓN	
8.5	VARIOS	
9	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE DEBERÁN CUMPLIR LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS .....	410
9.1	ÓRGANOS DE CIERRE Y REGULACIÓN DE CAUDAL EN TUBERÍAS Y CANALES	
9.2	BOMBAS, SOPLANTES Y COMPRESORES	

### 9.3 TUBERÍAS

### 9.4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

#### 9.4.1 ALTA TENSIÓN

#### 9.4.2 FUERZA EN BAJA TENSIÓN

#### 9.4.3 MANDO EN BAJA TENSIÓN

#### 9.4.4 SEÑALIZACIÓN EN BAJA TENSIÓN

#### 9.4.5 ALUMBRADO EXTERIOR

#### 9.4.6 ALUMBRADO DE EDIFICIOS

#### 9.4.7 INSTALACIÓN GENERAL DE TIERRAS

#### 9.4.8 GRUPOS PRODUCTORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

### 9.5 CONTROL DE PROCESO

#### 9.5.1 SALA DE CONTROL

#### 9.5.2 INSTRUMENTACIÓN

### 9.6 OTRAS INSTALACIONES



## **1. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 CAMPO DE APLICACIÓN**

El presente Pliego será aplicable a la construcción de la E.D.A.R. de Mula (Región de Murcia).

### **1.2 DOCUMENTOS QUE REGIRÁN EN LA OBRA**

La ejecución de la obra se regirá por los siguientes documentos:

- a) El Proyecto, junto con el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares (PCAP) que rija la licitación.
- b) El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (PPTP) en lo que no se oponga a los documentos citados anteriormente.

## **2. DEFINICIONES**

Para facilitar la comprensión del presente PPTP, se acompañan definiciones auxiliares de algunos términos utilizados en el mismo. No se definen, en general, los términos que se utilizan exclusivamente en el sentido que les da la Ley de Contratos del Estado o su Reglamento y demás legislación complementaria.

- “Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares” o “PPTP” es el presente conjunto de normas administrativas, técnicas y de funcionamiento que se aplican subsidiariamente al Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares y al Proyecto.
- “Proyecto” es el documento que la Administración presenta como base a una licitación. Se reservará al término de “Proyecto de Construcción”, que se define más adelante, al que en la licitación de Proyecto de Obra y construcción se redacta tras la Adjudicación Provisional para servir de base a las obras.

- “Administración” es la ejercida por el Organismo que financie la obra u otras entidades en que expresamente delegue potestad bastante para resolver cualquier cuestión derivada del desarrollo del contrato.
- “Obras” o “Trabajos” son los necesarios para la construcción definitiva del Proyecto, incluyendo las instalaciones anejas a que haga referencia la licitación y todos los suministros, servicios y obras “in situ” que se requieran para tal fin.
- “Contratista” o “Adjudicatario Definitivo” es la persona o personas, naturales o jurídicas con quienes la Administración formaliza el Contrato para la ejecución de las obras basándose en el Proyecto.
- “Director de Obra” es el facultativo nombrado por la Administración como responsable de la comprobación y vigilancia de la correcta realización de las obras o trabajos contratados.
- “Dirección de Obra” es el órgano colegiado formado por el Director de Obra y sus colaboradores, en el que éstos últimos desarrollan su labor en función de las atribuciones delegadas por el Director de Obra.
- “Documentos de Detalle” son el conjunto de:
  - 1) Planos de Detalle
  - 2) Copias de pedidos
  - 3) Informes de progreso
  - 4) Certificados de pruebas
  - 5) Hojas de envío de materiales y elementos

que aclara, complementa y define totalmente el Proyecto de Construcción durante el periodo de ejecución de las Obras.

- “Planos de Detalle” son los que definen en toda su extensión las características físicas y geométricas de cada uno de los elementos y sistemas contenidos en el Proyecto de Construcción.
- “Copias de Pedidos” son las correspondientes a los pedidos oficiales del contratista a sus suministradores en los cuales deben figurar todas las condiciones técnicas del suministro.
- “Informes de Progreso” son los que reflejan el avance de las fabricaciones y montajes que se realizan en taller y en obra.

- “Certificados de Pruebas” son los documentos que recogen los resultados de las pruebas efectuadas en taller o en obra como antecedente para las recepciones provisional y definitiva.
- “Hojas de envío de materiales y elementos” son las emitidas por un suministrador como anuncio de la salida de tales materiales o elementos desde el lugar de donde procede el suministro en dirección al lugar de las obras.
- “Periodo de Construcción” es el que comienza con la comprobación del replanteo y termina cuando todos los elementos que forman parte de las obras han sido instalados y están en condiciones de iniciar su funcionamiento.
- “Periodo de puesta a punto” es el que abarca desde la terminación del Periodo de Construcción hasta que las instalaciones están en condiciones de realizar la prueba general de funcionamiento con resultado satisfactorio.
- “Periodo de Prueba General de Funcionamiento” es el exigido por el PBE o el PPTP como tiempo mínimo de funcionamiento ininterrumpido y satisfactorio de todos los sistemas instalados antes de que proceda la Recepción Provisional de las Obras.
- “Pruebas de Reconocimiento” son las que hayan de realizarse en taller o en obra sobre elementos o sistemas parciales antes de la Prueba General de Funcionamiento.
- “Pruebas de Rendimiento” son las que se realicen durante el Periodo de Garantía para comprobar que las prestaciones de la obra cumplen lo exigido por la licitación y lo ofertado por el contratista.
- “Proyecto Final” será el conjunto de descripciones, planos y condiciones que definen en detalle todas las características de las Obras al término de su construcción.

### **3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS**

El presente proyecto incluye las siguientes obras:

Movimiento General de Tierras, consiste en los vaciados correspondientes a los elementos de la remodelación de la depuradora y el pozo de bombeo. Se incluye la

demolición y posterior relleno del espesador de fangos existente, que quedará anulado y sustituido por el nuevo espesador que se proyecta.

Aforadores de caudal Parshall en las dos entradas de agua bruta actuales de la E.D.A.R.

Trasformador de 315 KVA para el suministro eléctrico a los nuevos equipos que se montan.

By-pass de entrada de agua: Se proyecta un by-pass que parte desde la arqueta de mezcla de agua bruta y finaliza en uno de los pozos de salida de agua tratada, de forma que se pueda by-pasear toda la entrada de agua de la planta a través de una conducción de Polietileno de Alta Densidad de 500 mm de diámetro.

Canal de Desbaste: Se trata de un canal de sección rectangular 0,75 x 1 m, con paredes de 0,25 y solera de 0,2 m, de hormigón armado, pendiente de 2‰. La reja automática para desbaste tiene una luz de 10 mm. La reja de gruesos automática para desbaste tiene una luz de 50 mm y la y reja de medios y finos de 20 y 8 mm de luz de paso respectivamente. Tanto la reja como el peine se proyectan de acero inoxidable AISI 316. El accionamiento eléctrico es mediante un motorreductor de 0,56 KW.

Edificio de predesbaste: Se proyecta un edificio de dimensiones interiores 15 m x 28,50 m para la ubicación interior de diversos elementos (entrada de agua bruta, bombeo de agua bruta, canal reja automático, dos aforadores Parshall, lavador-clasificador de arenas, concentrador de grasas y equipo de desodorización). Para ello se ha proyectado un edificio constituido por 10 pilares prefabricados, vigas celosía prefabricadas con un canto máximo de 1,19 m en la sección central. Los cerramientos del edificio se proyectan igualmente con placas prefabricadas de 12 cm de espesor y placas de cerramiento de cubierta de 5,70 cm de espesor. En el edificio se abren huecos para puertas de dimensiones 3,80 m de alto por 3,10 m de ancho para acceso de vehículos de carga de los contenedores de recogida.

Desarenador - Desengrasador: Se proyecta la ejecución de un desarenador - desengrasador en dos líneas con aporte de aire mediante soplantes y difusores de manera que las arenas depositadas en el fondo son recogidas mediante una bomba vertical situada en un puente que se desplaza en sentido longitudinal del canal. Las arenas son conducidas finalmente hasta un lavador - clasificador de arenas situado en el edificio de Predesbaste. Dicho puente, en su movimiento, arrastra las grasas

nadantes hasta que vierten por una conducción a un desnatador situado en el edificio de Predesbaste, donde finalmente son recogidas por un contenedor.

El Desarenador - Desengradador dispone de un by-pass y de un vaciado desde el que se conduce el agua, en caso de ser necesario dejarlo en seco, a un pozo desde el que se conduce el agua a cabecera de proceso.

Reactor Biológico: Se trata de un filtro percolador de relleno plástico que consiste en un recipiente en el cual se encuentra dicho material. El agua residual se distribuye (riega) por la parte superior del relleno mediante un mecanismo giratorio o mediante boquillas fijas. El diámetro interior del filtro será de 19 m. y su altura de 7 m.

Decantador-Secundario: Básicamente es un cilindro de hormigón armado rematado en la base en un cono del mismo material, y de pendiente 1:9..

El diámetro interior del cilindro es de 27,5 m y la altura real de 3 m.

El acceso del agua desde el reactor biológico al decantador secundario se establece a través de una tubería de polietileno de alta densidad, de 500 mm de diámetro.

Se sitúa un puente barredor en disposición radial. El tipo de accionamiento es perimetral con ruedas guía laterales de nylon. La recogida de flotantes se realizará mediante las rasquetas suspendidas del puente, mientras que los sólidos decantados serán barridos por una rasqueta de fondo tipo espina de pez. El puente está accionado por un motorreductor eléctrico de 0,37 KW.

Pozo de bombeo: Situado entre el decantador secundario y el espesador de fangos, desde el cual se produce el bombeo de fangos en exceso al espesador de fangos.

Espesador: Es un cilindro rematado en un cono inferior. El cilindro tiene 15 m de diámetro interior, las paredes tienen un espesor de 0,3 m, la altura útil es de 2,42 m. La pendiente del cono es de 1/7. El espesador va cimentado en un macizo de hormigón en masa. El vertido del agua procedente del bombeo de fangos en exceso se produce por la parte superior del espesador mediante dos tuberías de acero inoxidable Ø150. La recogida de fangos decantados se produce mediante dos brazos de barrido accionados mediante un motorreductor eléctrico de 0,25 KW y se envían a deshidratación de fangos mediante una tubería de polietileno de alta densidad de Ø 150. Los sobrenadantes se recogen mediante vertedero perimetral en toda la circunferencia del espesador y son conducidos mediante tubería de polietileno Ø300 hasta la cabecera del proceso de depuración.



El espesador de fangos se cubre mediante una cúpula de PRFV de 7 mm de espesor.

Deshidratación de fangos y dosificación de polielectrolito: Se sustituirán los equipos destinados a la deshidratación de fangos y a la dosificación de polielectrolito, para ello se disponen 2 + 1 bombas de elevación de fangos a las bombas centrífugas, 2 + 1 bombas de dosificación de polielectrolito, el equipo de preparación de polielectrolito correspondiente, dos bombas centrífugas con un tornillo sin fin para la extracción de fangos y su vertido a una tolva de 20 m<sup>3</sup> de capacidad, con su correspondiente motorización.

Tratamiento terciario: Se adopta un tratamiento terciario que se compone de una balsa de laminación, floculación, coagulación, decantadores lamelares, filtros bicapa de arena-antracita y rayos UV.

Conducciones: Se proyectan todas las conducciones necesarias para el funcionamiento de la planta en PEHD, en PVC o Acero Inoxidable, con diámetros que van desde Ø150 hasta Ø500.

Caudalímetros electromagnéticos: Se proyectan 4 arquetas de caudalímetro, una de ellas en la línea recirculación de fangos nueva, otra en la línea de recirculación de fangos existente, una tercera en la purga de fangos nueva y una cuarta en la purga de fangos que sustituye a la existente.

Desodorización: Se proyecta un sistema de desodorización con extracción de aire en tres puntos distintos (edificio de Predesbaste, edificio de Deshidratación de Fangos y Espesador de Fangos). Se produce la captación del aire a desodorizar mediante un sistema de campanas extractoras (cuatro campanas en el edificio de Predesbaste, dos campanas en el edificio de Deshidratación de Fangos y una campana en el Espesador de Fangos). Se sitúan tres equipos extractores, cada uno de ellos en uno de los puntos de extracción citados de 15, 2,2 y 1,1 kW respectivamente preparados para extraer 28.500 m<sup>3</sup>/h, 4.000 m<sup>3</sup>/h y 1.000 m<sup>3</sup>/h respectivamente. Desde cada uno de los tres puntos de extracción parten tres conducciones de acero galvanizado, de diámetros Ø1100 (la que parte del edificio de Predesbaste), Ø350 (la que parte del edificio de Deshidratación de Fangos) y Ø250 (la que parte del Espesador de Fangos) hasta un Biofiltro formado por tres capas, una primera de grava de 50 cm de espesor y las dos siguientes de poda de bosque de distintas granulometrías (la primera de ellas de 45 cm y la siguiente de 105 cm de espesor), que convenientemente humectadas mediante aspersores favorecen las condiciones necesarias para los microorganismos que asimilan gran parte del SH2 presente en el aire.

Urbanización: Se plantea urbanizar mínimamente la superficie que queda libre, tras instalar los equipos. Toda la implantación estará rodeada con una valla perimetral y un seto. El material a poner de pavimento es el aglomerado asfáltico en caliente S12 con 6 cm de espesor, sobre una base de zahorra artificial de 25 cm de espesor compactada al 98 % del Proctor Modificado y tratada con un riego de imprimación EAL. En la zona de asfalto existente se proyecta una preparación de la superficie, un riego de adherencia ECR1 y 6 cm de aglomerado asfáltico en caliente S12.

La zona no asfaltada tiene un tratamiento con geotextil y 8 cm de gravín 10-40.

El área se iluminará con báculos de 8 m de alto, lámpara de vapor de sodio, luz mezcla, de 150 W de potencia.

Instalación eléctrica: Las nuevas instalaciones proyectadas en la E.D.A.R. de Mula se alimentarán desde una nueva línea de 20 KV.

Dicha línea conectará mediante cable a un nuevo Centro de Transformación de 400 KVA situado junto al transformador existente. Este CT se ubicará en una caseta prefabricada y contiene una celda de entrada de línea, celda de protección del transformador, celda de medida, el transformador de 400 KVA y dos cuadros para protección en baja tensión.

Del transformador se alimenta mediante cable un nuevo CCM situado en la sala de control de la E.D.A.R. Desde este CCM se alimenta a todos los motores o cuadros de maniobra, los cuadros de alumbrado y tomas de fuerza.

Control y automatismos: Se establecen una serie de automatismos de seguridad básica (relés, fusibles, etc colocados en el correspondiente CCM) así como automatismos integrados que comprendan todas las situaciones de funcionamiento normal automático programado, con intervención humana en situación de alarma.

El control y seguimiento del funcionamiento de las nuevas instalaciones de la depuradora estará gobernado por un autómatas programable situado en el centro de control de motores que recogerá el estado de las señales que envíen los equipos e instrumentos de la planta.

Se consideran los siguientes automatismos:

- Canal Parshall (en cada uno de los dos dispuestos) para la medida de caudal de agua bruta entrante.

- Canal de desbaste: Sistema de marcha/parada de la reja automática de gruesos.
- Canal de desbaste: Sistema de marcha/parada de los tornillos de extracción de residuos.
- Desarenador-desengrasador: Sistema de marcha/parada de los motorreductores y bombas de extracción de arenas del puente desarenador, soplantes, clasificador de arenas, concentrador de grasas y bombas de vaciado.
- Arqueta de mezcla de agua bruta: Medida de pH.
- Reactor biológico: Medida de oxígeno disuelto en los canales.
- Decantación secundaria: Parada y puesta en marcha del puente y regulación de la velocidad de giro.
- Bombeo de recirculación de fangos: Arranque y parada de las unidades de bombeo, funcionamiento alternativo de las unidades de bombeo, medida de caudal en la tubería.
- Bombeo de fangos en exceso a espesamiento: Arranque y parada de las unidades de bombeo, funcionamiento alternativo de las unidades de bombeo, medida de caudal en la tubería.
- Espesamiento de fangos: Arranque y parada de las paletas.
- Bombeo de fangos espesados a deshidratación: arranque y parada de las unidades de bombeo, funcionamiento alternativo de las unidades de bombeo.
- Deshidratación de fangos: Centrífuga decantadora para deshidratación de fangos, equipo automático de preparación y dosificación de polielectrolito, bomba de impulsión de fangos deshidratados a tolva de almacenamiento.
- Tolva de fangos deshidratados: Automatización para la apertura y cierre de la tolva, arranque y parada del tornillo de elevación de fangos deshidratados a la tolva.
- Filtro de agua tratada: Arranque y parada de los mecanismos que conforman dicho filtro.
- Sistema de desodorización: Arranque y parada de los extractores centrífugos y caja de ventilación.

- Panel sinóptico: Situado en la sala de control con la representación gráfica de la depuradora con todos los elementos activos representados: bombas, válvulas, compuertas, que llevarán incluido el dibujo del correspondiente elemento, pilotos y diodos LED de 24 V, de super alta luminosidad, con indicación de marcha, parada o fallo del elemento en cuestión.

Bombeo de fangos situado en el pueblo de Mula: Se situarán variadores de frecuencia en dicho bombeo.

## **4. CONTRATO**

### **4.1 FORMA DEL CONTRATO**

El Contrato se otorga en la modalidad de tanto alzado, es decir, con responsabilidad completa del Contratista en el Proyecto y Construcción de la Obra, con presupuesto cerrado para cada uno de los Presupuestos Parciales en que el Proyecto de Construcción divida la Obra.

No obstante, el Contratista deberá expresar en la Oferta y en el Proyecto de Construcción todos los precios unitarios utilizados y las Relaciones Valoradas de Obra se prepararán basándose en ellos.

### **4.2 RESOLUCIÓN Y DENUNCIA DEL CONTRATO. SANCIONES**

Si el adjudicatario no atendiera los requerimientos de constitución de garantías, no cumpliera los requisitos para la celebración del contrato, o impidiese que se formalizara el contrato en el término de 30 días, desde el acuerdo de la adjudicación, ésta quedará de pleno derecho sin efecto, previa audiencia del interesado y con la pérdida de la fianza provisional.

### **4.3 CONDICIONES PARTICULARES Y ECONÓMICAS DEL CONTRATO**

En todo lo no previsto en los Pliegos de Bases se entenderá aplicable la legislación vigente y en especial la Ley de Contratos del Estado, el Pliego de

Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación del Estado y la Ley de Protección a la Industria Nacional.

Serán asimismo condiciones de contratación aquellos ofrecimientos de carácter funcional y económico que aunque no figuran en los Pliegos de Licitación, ofrezca el Licitador en su Oferta y sean aceptados por la Administración, igualmente aquellas prescripciones que se incorporen al Proyecto de Construcción.

En ningún caso el coste de las Obras o Trabajos podrá exceder el presupuesto del Proyecto de Construcción.

#### **4.4 REVISIÓN DE PRECIOS**

En materia de revisión de precios, el Contrato se atenderá a lo que se establezca en el Pliego de Bases Específicas del Proyecto, junto con el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares de la Licitación.

La aplicación, en su caso, de cláusula de revisión de precios se ajustará a las condiciones establecidas por la legislación general vigente.

Las solicitudes de revisión de precios, se formularán por los adjudicatarios una vez hayan sido publicados los índices correspondientes en el B.O.E. y previas las comprobaciones precisas, se aprobará el crédito que corresponda, sin detracción de porcentaje alguno por gastos de Control de Calidad, ni de locomoción.

El derecho a revisión de precios a favor del Contratista, estará condicionado al estricto cumplimiento del plazo contractual, salvo opinión fundada del Director de Obra en el sentido de que hubiera existido imposibilidad física justificada.

#### **4.5 CONDICIONES TÉCNICAS DEL CONTRATO**

Regirán para la contratación y desarrollo del Contrato los Pliegos de Bases Generales y Específicas y el Proyecto de Construcción. En caso de discrepancia entre los documentos del Contrato se establece la prioridad del Pliego de Bases Específicas y el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales sobre el Proyecto de Construcción.

#### **4.6 FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO**

En la formalización del Contrato se estará a lo dispuesto en la legislación de Contratos del Estado.

#### **4.7 OBLIGACIONES SOCIALES Y LABORALES DEL CONTRATISTA**

Serán de cuenta exclusiva del Contratista el cumplimiento de todas las disposiciones vigentes en materia laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo. El incumplimiento de estas obligaciones por parte del Contratista, o la infracción de las mismas por parte del personal técnico designado por él, no implicará responsabilidad alguna para la Administración, que podrá no obstante exigir en todo momento el cumplimiento de las citadas disposiciones.

El Contratista tendrá que presentar un Proyecto de Seguridad e Higiene en el Trabajo que tendrá que ser aprobado por el Ingeniero Director de las Obras.

### **5. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS QUE REGIRÁN EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

#### **5.1 COMPROBACIÓN DEL REPLANTEO**

La ejecución de las obras comenzará con el acto de comprobación del replanteo. El Director de Obra procederá, en presencia del Contratista, a efectuar la comprobación del replanteo, extendiéndose acta del resultado que será firmada por ambas partes.

Las incidencias posibles derivadas de este acto se resolverán de acuerdo con los artículos 127 y siguientes del Reglamento General de Contratación del Estado.

## **5.2 PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

El plazo de ejecución de las obras será el señalado en el Proyecto de Construcción. Dicho plazo se contará a partir de la fecha del acta de comprobación del replanteo.

## **5.3 PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

En el plazo de un mes a partir de la firma del acta de comprobación del replanteo, el Contratista presentará el programa definitivo de ejecución de las obras, que deberá incluir los siguientes datos:

- a) Ordenación en partes o clases de obra de las unidades que integran el proyecto.
- b) Determinación de los medios necesarios, tales como personal, instalaciones, equipo y materiales, con expresión del volumen de éstos.
- c) Estimación en días de calendario de los plazos de ejecución de las diversas obras u operaciones preparatorias, equipos e instalaciones y de los de ejecución de las diversas partes o clases de obras.
- d) Valoración mensual y acumulada de la obra programada, sobre la base de las obras u operaciones preparatorias, equipo e instalaciones y partes o clases de obra a precios unitarios.
- e) Gráficos cronológicos sobre calendario real a partir de la fecha del acta de comprobación del replanteo.

## **5.4 REPRESENTACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN**

La Administración, y en su caso el organismo en quien delegue las funciones y la potestad administrativa, designará al Director de las Obras, que por sí o por aquellas personas que designe en su representación, serán los responsables de la inspección y vigilancia de las obras, asumiendo cuantas obligaciones y prerrogativas pueda corresponderles, de acuerdo con los Pliegos de Bases de Licitación y constituyendo en conjunto la Dirección de Obra.

## **5.5 REPRESENTACIÓN DE LA CONTRATA**

El Contratista dispondrá para la ejecución de las obras de los técnicos superiores que considere necesarios, de entre los cuales, uno al menos, será Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, así como los ingenieros técnicos necesarios, de los cuales uno al menos será Ingeniero Técnico de Obras Públicas.

De entre los técnicos superiores asignados, el Contratista deberá designar uno de ellos, perfectamente identificado con el proyecto, que actúe como representante ante la Dirección de Obra en calidad de Director de la Contrata y que deberá estar representado permanentemente en obra por persona o personas con poder bastante para disponer de todas las cuestiones relativas a las mismas, para lo cual deberán poseer los conocimientos técnicos suficientes. Durante el periodo de construcción este técnico permanente a pie de obra será como mínimo un Ingeniero Técnico.

La Oficina de Proyectos que haya redactado el Proyecto de Construcción, mantendrá adscrito a la ejecución de la obra y por cuenta del Contratista, el correspondiente equipo de asesoramiento que proporcionará los planos de detalle tanto de la obra civil como de los demás equipos técnicos así como las instrucciones para el montaje y, en general, toda la documentación técnica necesaria. Este equipo de Proyecto realizará también el Proyecto Final de las Obras.

Durante el horario laboral, de que el Director de la Contrata dará conocimiento al Director de Obra, habrá siempre en obra un representante del Contratista facultado para recibir documentos o tomar razón de órdenes de la Administración.

## **5.6 FORMA DE EJECUTAR LAS OBRAS**

Las obras se construirán con estricta sujeción al Proyecto de Construcción aprobado y en todo aquello que no especifique el citado Proyecto se estará a la interpretación del Director de Obra, sin que el Contratista pueda reclamar contra esta interpretación ni solicitar indemnización económica alguna cuando esa interpretación haya sido necesaria por la indefinición del Proyecto de Construcción.



Ninguna obra o instalación podrá realizarse sin que hayan sido aprobados por el Director de Obra los documentos de detalle correspondientes. Consecuentemente el Director de Obra podrá rechazar cualquier obra o instalación que a su juicio sea inadecuada si la característica que provoca el rechazo no se encuentra especificada en algún documento de detalle aprobado. En el caso de que el Director de Obra decida rechazar una obra o instalación contenida en un documento de detalle aprobado por considerar, a posteriori, que es necesario para el desarrollo adecuado del Proyecto, la demolición y sustitución se considerarán obras complementarias que deberán ser abonadas al Contratista.

El Director de Obra determinará el horario y lugar en que el Contratista puede entregar a la Dirección de Obra para su examen y aprobación los Documentos de Detalle. El mecanismo de aprobación será el siguiente:

- a) El Contratista recibirá una copia de los Documentos de Detalle entregados, firmada por persona autorizada de la Dirección de Obra, en que conste la fecha de entrega de los documentos.
- b) Si en el plazo de diez días hábiles a partir del siguiente a la entrega no recibe el Contratista respuesta alguna sobre los Documentos de Detalle presentados, se considerarán aprobados.
- c) La Dirección de Obra podrá prorrogar el plazo de respuesta comunicándolo por escrito al Contratista dentro del plazo habilitado para contestar, en los casos en que el plazo de diez días no sea suficiente a juicio del Director de Obra.
- d) En el plazo de respuesta habilitado, el Director de Obra podrá devolver los documentos de Detalle: Aprobados; Aprobados con Modificaciones; Para modificación y nueva presentación.
- e) Si el Contratista no está de acuerdo con alguna modificación deberá manifestarlo por escrito a la Dirección de Obra en el plazo de cinco días hábiles a partir de la recepción del Documento correspondiente y la Dirección de Obra deberá estudiar la discrepancia con el Contratista con la mayor brevedad posible. La decisión final de la Dirección de Obra será ejecutiva, sin perjuicio de que el Contratista ejerza sus derechos en la forma que estime oportuno.

El Contratista podrá proponer, siempre por escrito, a la Dirección de Obra la sustitución de una unidad de obra por otra que reúna mejores condiciones, el empleo de materiales de más esmerada preparación o calidad que los contratados, la ejecución con mayores dimensiones de cualesquiera partes de la obra o, en general, cualquiera otra mejora de análoga naturaleza que juzgue beneficiosa para ella.

Si el Director de Obra estimase conveniente, aún cuando no necesaria, la mejora propuesta, podrá autorizarla por escrito, pero el Contratista no tendrá derecho a indemnización de ninguna clase, sino sólo al abono de lo que correspondería si hubiese construido la obra con estricta sujeción a lo contratado.

#### **5.7 SUSPENSIÓN DE LAS OBRAS**

Siempre que la Administración acuerde una suspensión temporal, parcial o total de la obra, o una suspensión definitiva, se deberá levantar la correspondiente Acta de Suspensión, que deberá ir firmada por el Director de Obra y por el Contratista, y en la que se hará constar el acuerdo de la Administración que originó la suspensión, definiéndose concretamente la parte o partes de la totalidad de la obra afectada por aquellas.

El acta debe ir acompañada, como anejo y en relación con la parte o partes suspendidas, de la medición de la obra ejecutada en dichas partes y de los materiales acopiados a pie de obra utilizables exclusivamente en las mismas.

Si la suspensión temporal sólo afecta a una o varias partes o clases de obras que no constituyen la totalidad de la obra contratada, se utilizará la denominación “Suspensión Temporal Parcial” en el texto del Acta de Suspensión y en toda la documentación que haga referencia a la misma; si afecta a la totalidad de la obra contratada, se utilizará la denominación “Suspensión Temporal Total” en los mismos documentos.

En ningún caso se utilizará la denominación “Suspensión Temporal” sin concretar o calificar el alcance de la misma.

## **5.8 OBRAS Y SERVICIOS AUXILIARES**

Todas las obras y servicios auxiliares necesarias serán cuenta del Contratista y su coste se considerará incluido en los presupuestos del Proyecto de Construcción. En concreto serán de cuenta del Contratista las obras y servicios auxiliares que se especifican a continuación:

### **5.8.1 VALLADO, SEÑALIZACIÓN Y ENTORNO DE LA OBRA**

El Contratista tendrá la obligación de colocar señales bien visibles tanto de día como de noche, en las obras de explanación, zanjas y pozos, así como las vallas, palenques y balizamientos necesarios para evitar accidentes a transeúntes y vehículos, propios o ajenos a la obra.

Asimismo, en el caso de que la ejecución de las obras exija la inutilización o afección parcial o total de alguna vía o conducción pública o privada, el Contratista dispondrá los pasos provisionales necesarios con elementos de suficiente seguridad, para reducir al mínimo las molestias a los viandantes y tráfico rodado o en el caso de que se trate de conducciones, protegerlas a fin de no perturbar al servicio que hayan de prestar, todo ello de acuerdo con la forma y en los lugares que determine el Director de la Obra.

En todo momento el Contratista deberá cuidar del aspecto exterior de la obra y sus proximidades, a la vez que pondrá en práctica las oportunas medidas de precaución, evitando montones de tierra, escombros, acopios de materiales y almacenamiento de útiles, herramientas y maquinaria.

Las responsabilidades que pudieran derivarse de accidentes y perturbación de servicios ocurridos por incumplimiento de las precedentes prescripciones, serán de cuenta y cargo del Contratista.

### **5.8.2 CARTELES ANUNCIADORES**

El Contratista estará obligado a colocar, de forma bien visible, un máximo de dos carteles anunciadores donde se indique la información que determine el Director de Obra.

La colocación de cualquier otro cartel anunciados del Contratista o de sus suministradores y su contenido deberán ser aprobados por el Director de Obra.

### **5.8.3 FOTOGRAFÍAS**

El Contratista quedará obligado a presentar mensualmente dos copias en color tamaño 13 x 18 cm de un mínimo de doce fotografías de las partes más significativas de las obras.

### **5.8.4 ALMACENES**

El Contratista deberá instalar en obra los almacenes precisos para asegurar la conservación de materiales y equipos, siguiendo las instrucciones que a tal efecto reciba de la Dirección de Obra.

### **5.8.5 OFICINAS DE OBRA**

El Contratista habrá de ejecutar y amueblar las oficinas de obra necesarias antes de cualquier otra construcción en los terrenos de las instalaciones.

## **5.9 CONSERVACIÓN DE LA OBRA**

El Contratista está obligado, no sólo a la ejecución de la obra, sino también a su conservación hasta la recepción definitiva. La responsabilidad del Contratista, por faltas que en la obra puedan advertirse, se extiende al supuesto de que tales faltas se deban a una indebida o defectuosa conservación de las unidades de obra, aunque éstas hayan sido examinadas y encontradas conformes por la Dirección de Obra inmediatamente después de su construcción o en cualquier otro momento dentro del periodo de vigencia del Contrato.

## **5.10 APORTACIÓN DE EQUIPO Y MAQUINARIA**

El Contratista queda obligado a aportar a las obras el equipo de maquinaria y medios auxiliares que sea preciso para la buena ejecución de aquéllas en los plazos parciales y total convenidos en el Contrato.

En el caso de que para la adjudicación del contrato hubiese sido condición necesaria la aportación por el Contratista de un equipo de maquinaria y medios auxiliares concreto y detallado, el Director exigirá aquella aportación en los mismos términos y detalles que se fijaron en tal ocasión.

El equipo quedará adscrito a la obra en tanto se hallen en ejecución las unidades en que se ha de utilizar, en la inteligencia de que no podrá retirarse sin consentimiento expreso del Director. Los elementos averiados o inutilizados deberán ser sustituidos por otros en condiciones, y no reparados, cuando el Director de Obra estime que su reparación exige plazos que han de alterar el programa de trabajo.

Cada elemento de los que constituyen el equipo será reconocido por la Dirección, anotándose sus altas y bajas de puesta en obra en el inventario del equipo. La Dirección podrá también rechazar cualquier elemento que considere inadecuado para el trabajo en la obra.

El equipo aportado por el Contratista quedará de libre disposición del mismo cuando ya no sea necesario para la obra, salvo estipulación contraria contenida en el Proyecto.

## **5.11 SANIDAD Y POLICÍA DE LA OBRA**

El Contratista habilitará los servicios necesarios para el personal de la obra, dotados de las condiciones de higiene que establecen las disposiciones vigentes.

El Contratista estará obligado a mantener en la obra todas las medidas necesarias para el decoro y perfecto estado sanitario del lugar, debiendo proveer el suministro de agua potable, la eliminación de residuales y recogida de basuras y la limpieza de los aseos de uso común, pabellones y demás servicios.

### **5.12 PERSONAL DEL CONTRATISTA**

El Contratista entregará a la Dirección de Obra, para su aprobación, con la periodicidad que ésta determine, la relación o relaciones de todo el personal que haya de trabajar en el lugar de las obras. Si los plazos parciales correspondientes a determinados equipos e instalaciones de las obras no se cumplieran y el Director de las Obras considerase posible acelerar el ritmo de éstas mediante la contratación de una cantidad mayor de personal, el Contratista vendrá obligado a contratar este personal para recuperar en lo posible el retraso sobre los plazos originales.

El Contratista estará obligado a velar porque el personal que tenga empleado guarde una conducta correcta durante su permanencia en la obra y acatará cualquier indicación que a este respecto le transmita la Dirección de Obras.

### **5.13 DAÑOS Y PERJUICIOS**

El Contratista será responsable de cuantos daños y perjuicios puedan ocasionarse con motivo de la obra, siendo de su cuenta las indemnizaciones que por los mismos correspondan.

### **5.14 ÓRDENES AL CONTRATISTA**

El “Libro de Órdenes” se abrirá en la fecha de Comprobación del Replanteo y se cerrará en la de Recepción Definitiva.

Durante dicho tiempo estará a disposición de la Dirección de Obra que, cuando proceda, anotará en él, instrucciones y comunicaciones que estime oportunas, autorizándolas con su firma.

Efectuada la Recepción Definitiva, el “Libro de Órdenes”, pasará a poder de la Dirección de Obra, si bien podrá ser consultado en todo momento por el Contratista.

### **5.15 PERIODO DE CONSTRUCCIÓN**

Comienza este periodo en la fecha del Acta de Comprobación del Replanteo de las Obras y comprende la construcción de las obras civiles, la fabricación y adquisición de los equipos industriales necesarios y el montaje completo de los mismos en obra.

Durante este periodo el Contratista irá aportando a la obra todos los Documentos de detalle necesarios para la construcción e instalación: planos, manuales de montaje y funcionamiento, protocolos de pruebas, instrucciones de mantenimiento, etc., según el programa al efecto incluido en el Proyecto de Construcción. En particular, el Contratista entregará al Director de Obra dos ejemplares de todos los libros, manuales y folletos de instrucciones de Operación y Mantenimiento de las instalaciones, en cuanto sea posible y siempre antes de la Recepción Provisional.

Durante este periodo se realizarán las pruebas de reconocimiento. El Director de la Obra podrá decidir que alguna de estas pruebas sea realizada o terminada durante el periodo de puesta a punto.

La Dirección de Obra declarará oficialmente cuando el periodo de construcción puede darse por terminado para dar paso al de puesta a punto.

### **5.16 PERIODO DE PUESTA A PUNTO**

El Periodo de Puesta a Punto se desarrollará a continuación del de construcción y comprenderá los posibles trabajos de terminación y ajuste de la obra civil, el sistema hidráulico, las instalaciones mecánicas, la instalación eléctrica y los sistemas de dosificación y control posteriores a la puesta en obra de todos los elementos necesarios.

A lo largo de este periodo se confeccionará una Relación que contendrá todos los puntos que deben ser especialmente sometidos a observación. La Dirección de Obra decidirá qué puntos de este Relación deberán quedar resueltos antes de la Recepción Provisional y cuáles deberán quedar sometidos a observación durante el periodo de pruebas de funcionamiento.

Durante el periodo deben quedar terminadas las pruebas de reconocimiento cuya ejecución hubiera sido aplazada por el Director de Obra.

La Dirección de Obra declarará oficialmente cuando el Periodo de Puesta a Punto puede darse por terminado y procederse a la iniciación del Periodo de Prueba General de Funcionamiento. Todas las pruebas de reconocimiento deberán estar terminadas antes de la finalización del presente periodo.

#### **5.17 PERIODO DE PRUEBA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO**

El Periodo de Prueba General de Funcionamiento se desarrollará a continuación del de puesta a punto y su duración será, en principio, de siete días. Su fin es determinar la capacidad de la instalación para funcionar de un modo continuo. Cualquier parada de elementos principales que impida el funcionamiento continuado de la línea durante este periodo implicará el comienzo del mismo tantas veces como sea necesario.

La Dirección de Obra declarará oficialmente la finalización del Periodo de Prueba General de Funcionamiento.

#### **5.18 RECEPCIÓN PROVISIONAL**

Para que la Recepción Provisional pueda realizarse deben cumplirse las siguientes condiciones:

1. Obrar en poder del Director de Obra los documentos:

- a) Proyecto Final que recoja la situación real de las obras e instalaciones con todas las posibles modificaciones introducidas durante el proyecto y ejecución de las obras.
- b) Diagrama de flujos y esquemas eléctricos completos.
- c) Libro de lazos de control que describan mediante la simbología normalizada las interdependencias de captación de parámetros y los sistemas de su medición, registro y regulación.
- d) Listado de todos los instrumentos de medición con indicación de su marca, rango, lugar de instalación, etc.



- e) Libros de instrucciones de funcionamiento y mantenimiento con todas las indicaciones sobre las mismas dadas por los fabricantes sobre despieces, repuestos, aceites y grasas, etc.
- f) Copia de todas las órdenes de pedido del Contratista a sus suministradores.

2. Resultado satisfactorio de las pruebas realizadas.

3. Cumplimiento de todas las obligaciones contenidas en el Contrato.

Cuando por cualquier causa imputable al Contratista no procediera efectuar la Recepción Provisional, la Dirección de Obra suspenderá ésta y señalará un plazo prudencial para obviar el obstáculo, en el caso de que los problemas presentados puedan tener una solución aceptablemente sencilla en un plazo razonablemente corto.

Puede procederse a la Recepción Provisional aún cuando queden sin resolver algunos puntos de menor importancia para el funcionamiento de la instalación, siempre que se detallen en el Acta de Recepción Provisional. Asimismo, los puntos en que pueda existir una duda razonable sobre su idoneidad, deberán incluirse en el Acta de Recepción Provisional para su observación durante el periodo de garantía.

Las pruebas a realizar durante el Periodo de Garantía deberán definirse igualmente en el Acta de Recepción Provisional. Por consiguiente, dicha Acta contendrá en el caso general los siguientes documentos:

- Relación de puntos de menor importancia pendientes de resolver, si ha lugar.
- Relación de puntos que deben ser observados especialmente durante el periodo de garantía.
- Programa de pruebas de rendimiento a realizar durante el Periodo de Garantía.

### **5.19 PERIODO DE GARANTÍA**

Inmediatamente después de la Recepción Provisional, se iniciará el Periodo de Garantía, que se establece en dos años, pasado el cual podrá efectuarse la

Recepción Definitiva de la Obra, en el caso de que no hubiese defectos a subsanar.

En todo caso, para poder decidir sobre las cuestiones pendientes de resolver o que surjan durante el periodo de garantía o en la ejecución de las pruebas, incluyendo naturalmente las reparaciones, modificaciones o sustituciones que se presente, el Contratista queda obligado a mantener permanentemente en obra un representante con capacidad para tomar decisiones y firmar las Actas que se vayan levantando sobre pruebas de rendimiento o vicisitudes de la explotación.

Cuando se produzcan paradas involuntarias totales o parciales de la instalación, se levantarán Actas de Parada y Actas de Puesta en Marcha. Las primeras explicarán los motivos de la parada, los elementos a que afecta y el medio para resolver el problema. Las segundas recogerán las reparaciones efectuadas, con detalle de los materiales y mano de obra empleados y la distribución de responsabilidades entre el Contratista y la Administración.

Cuando se produzca una avería que no lleve consigo la necesidad de parar la instalación, se redactará un Acta de Avería que relacionará los elementos que hayan requerido reparación o sustitución, aunque no se haya provocado la parada parcial o total de la instalación. Se relacionarán en esta última los repuestos empleados, en su caso.

Cuando se realicen las Pruebas de Rendimiento previstas para la duración de la garantía se levantarán las correspondientes Actas de Prueba que serán igualmente conformadas por el representante del Contratista.

## **5.20 RECEPCIÓN DEFINITIVA**

La Recepción Definitiva de las Obras se efectuará después de terminado el Periodo de Garantía. En el Acta que se levante de la actuación administrativa, deberán quedar resueltas todas las cuestiones que en el Acta de Recepción Provisional quedaron pendientes para su resolución durante el periodo de garantía.

Si terminado el plazo correspondiente al Periodo de Garantía la obra no se encuentra en las condiciones debidas para ser recibida con carácter definitivo se hará constar así en el Acta y se incluirán en ésta las oportunas instrucciones al Contratista para la debida resolución de los problemas pendientes, señalándose

un nuevo y último plazo para el cumplimiento de sus obligaciones, transcurrido el cual se volverá a examinar la obra con los mismos trámites y requisitos señalados, a fin de proceder a su Recepción Definitiva.

## **5.21 LIQUIDACIÓN DEFINITIVA**

El Director de las Obras redactará la Liquidación Definitiva en el plazo de tres (3) meses, contados a partir de la fecha de la Recepción Definitiva, dando vista a la misma al Contratista, quien en el plazo máximo de treinta (30) días deberá formular su aceptación o reparos. En caso de no hacerlo en dicho plazo y por escrito, se entenderá que se encuentra conforme con el resultado y detalles de la Liquidación.

Una vez aprobada la Liquidación Definitiva, el Director de las Obras expedirá certificación de la misma si el saldo es favorable al Contratista.

Si fuera favorable a la Administración, ésta requerirá al Contratista para que proceda al reintegro del exceso percibido y, en tanto aquél no lo hiciera así, no podrá procederse a la devolución de la fianza definitiva.

## **5.22 VALORACIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS**

### **5.22.1 FORMA DE ABONAR LAS OBRAS**

Para las relaciones valoradas mensuales se medirá la obra realmente ejecutada y se valorará a los precios del Proyecto de Construcción, siempre que no exceda el valor de los presupuestos parciales del citado Proyecto. En caso contrario, la relación valorada se ajustará al presupuesto parcial correspondiente. La medición se hará, salvo especificación en contrario del PBE, de acuerdo con las normas que para cada unidad de obra o para cada elemento o tipo de elementos se especifiquen en el presente Pliego.

Los presupuestos parciales cuya valoración al final de la ejecución no alcance el monto previsto en el Proyecto de Construcción se valorarán de acuerdo con la obra realmente ejecutada.

### **5.22.2 MEDICIÓN Y RELACIONES VALORADAS**

La medición de las obras realizadas se hará de acuerdo con las especificaciones contenidas al respecto en el Capítulo 10 del presente PPTP.

La Dirección realizará mensualmente y en la forma que se establece en este Pliego, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el periodo de tiempo anterior. El Contratista o su delegado podrán presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra cuyas dimensiones y características hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el Contratista está obligado a avisar a la Dirección y con la suficiente antelación, a fin de que ésta pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que la definan, cuya conformidad suscribirá el Contratista.

La Dirección, tomando como base las mediciones de las unidades de obra ejecutada y los precios contratados, redactará mensualmente una relación valorada al origen.

La obra ejecutada se valorará a los precios de ejecución material que figuren en letra en el Cuadro de Precios Unitarios del Proyecto.

Al resultado de la valoración, obtenido en la forma expresada, se le aumentarán los porcentajes adoptados para formar el presupuesto de contrata y se aplicarán las bajas de oferta sobre el Cuadro de Precios de la misma, si las hubiere, obteniendo así la relación valorada mensual.

### **5.22.3 CERTIFICACIÓN**

Tomando como base la Relación Valorada mensual se expedirá la correspondiente certificación que se tramitará por el Director de Obra en la forma reglamentaria.

Estas Certificaciones tendrán el carácter de documentos provisionales a buena cuenta, que permitirán ir abonando la obra ejecutada comprendida en el presupuesto cerrado, no suponiendo dichas certificaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Cuando se haga la Liquidación Provisional se incluirá en ella el 10% del presupuesto correspondiente a los equipos industriales, que completará el pago limitado con anterioridad al 90%, según se especifica en el Capítulo 10 del presente Pliego.

En la misma fecha en que el Director tramite la certificación, remitirá al Contratista una copia de la misma y de la Relación Valorada correspondiente, para su conformidad o reparos, que el Contratista podrá formular en el plazo de quince días, contados a partir del de recepción de los citados documentos.

Si no hubiera reclamación en este plazo ambos documentos se considerarán aceptados por el Contratista, como si hubiera suscrito en ellos su conformidad.

El Contratista no podrá alegar, en caso alguno, usos y costumbres particulares para la aplicación de los precios o la medición de las unidades de obra.

#### **5.22.4 PRECIOS**

Todos los trabajos, medios auxiliares y materiales que sean necesarios para la correcta ejecución y acabado de cualquier unidad de obra, se considerarán incluidos en el precio de la misma aunque no figuren todos ellos especificados en la descomposición o descripción de los precios.

Todos los gastos que por su concepto sean asimilables a costes indirectos se considerarán siempre incluidos en los precios de las unidades de obra del Proyecto cuando no figuren en el presupuesto valorados como unidades de obra.

#### **5.23 FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN**

El adjudicatario dará a la Dirección de Obra y a sus representantes toda clase de facilidades para los replanteos reconocimientos y mediciones, así como para la inspección de la obra en todos los trabajos, con objeto de comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en este Pliego y facilitará en todo

momento el acceso a todas las partes de la obra y a los talleres o fábricas donde se preparen materiales o equipos o se realicen trabajos para las obras.

#### **5.24 PRUEBAS Y ENSAYOS PREVIOS A LA RECEPCIÓN PROVISIONAL**

Previamente a la Recepción Provisional de las Obras se realizarán las pruebas de reconocimiento establecidas en el programa de pruebas incluido en el Proyecto de Construcción. Las Pruebas de Reconocimiento se realizarán, salvo estipulación en contrario del PBE, de acuerdo con el Capítulo 11 del presente Pliego y, en su defecto, en función de las normas relacionadas con el Capítulo 6 del mismo. El programa de pruebas estipulará cuales deben realizarse en taller, en obra o en laboratorio, así como las pruebas de sistemas que comprendan varios equipos y que deban realizarse después de la instalación de los mismos.

Las pruebas de reconocimiento verificadas durante la ejecución de los trabajos, no tienen otro carácter que el simple antecedente para la Recepción Provisional. Por lo tanto, la admisión de materiales, elementos o unidades, de cualquier forma que se realice en el curso de las obras y antes de su recepción, no atenúa la obligación de subsanar o reponer deficiencias; si las instalaciones resultasen inaceptables, parcial o totalmente, en el acto de recepción.

La Prueba General de Funcionamiento a que se refiere el punto 5.17 del presente PPTP se realizará también antes de la recepción provisional y se considerará satisfactoria cuando todos los sistemas funcionen correctamente en condiciones de trabajo reales durante el periodo estipulado.

El Contratista deberá avisar la fecha de realización de las pruebas al Director de Obra con la suficiente antelación para que éste pueda estar presente en ellas. Las pruebas especializadas serán encomendadas a laboratorios homologados independientes del Contratista, salvo decisión en contra del Director de Obra.

El resultado negativo de las pruebas a que se refiere el presente capítulo dará lugar a la reiteración de las mismas tantas veces como sea preciso a juicio de la Dirección de Obra.

### **5.25 GASTOS DE LAS PRUEBAS**

Todos los gastos a que den lugar la ejecución de las pruebas prescritas en el Proyecto de Construcción, tanto las realizadas en obra o en talleres como las que se lleven a cabo en laboratorios, así como las minutas de ensayos y pruebas de homologación que hayan de realizar firmas especializadas, serán por cuenta del Contratista.

### **5.26 PRUEBAS DE RENDIMIENTO DURANTE EL PERIODO DE GARANTÍA**

Durante el periodo de garantía se llevará a cabo un completo programa de pruebas que servirá de base para la fijación del cumplimiento de las condiciones que se exigen a la Obra y sus diversos elementos y, en su caso, a la aplicación de la sanción prevista por defecto de los rendimientos.

En el Acta de Recepción Provisional se establecerá el programa detallado de dichas pruebas para cuya redacción la Dirección de obra dará audiencia al Contratista.

Los gastos a que den lugar las pruebas que se establecen durante el periodo de garantía serán de cuenta de la Administración, salvo el mantenimiento del equipo de personal del Contratista, designado para dicho periodo.

Se realizarán pruebas de consumo de energía mediante el establecimiento de estados de consumo mensual, según lectura de los contadores correspondientes a las distintas partes de la instalación.

### **5.27 ACTAS DE PRUEBAS**

De las pruebas de materiales, aparatos, obras ejecutadas y de puesta a punto de los diferentes sistemas y subsistemas, así como de las pruebas de rendimiento, se levantarán Actas que servirán de antecedentes para las Recepciones Provisional y Definitiva.

## **5.28 PENALIZACIÓN POR INCUMPLIMIENTO DE CALIDADES, PLAZOS Y RENDIMIENTOS EXIGIDOS**

### **5.28.1 MATERIALES QUE NO SEAN DE RECIBO**

La Dirección de Obra podrá desechar todos aquellos materiales o elementos que no satisfagan las condiciones impuestas en los Pliegos de Bases de la Licitación y en el Proyecto de Construcción para cada uno de ellos en particular.

El Contratista se atenderá en todo caso a lo que por escrito le ordene la Dirección de Obra, la cual podrá señalar al Contratista un plazo breve para que retire los materiales o elementos desechados. En caso de incumplimiento de esta orden, procederá a retirarlos por cuenta y cargo de Contratista.

### **5.28.2 OBRAS DEFECTUOSAS**

Si se advirtieran vicios o defectos en la construcción o se tienen razones fundadas para creer que existen vicios ocultos en la obra ejecutada, la Dirección de Obra tomará las medidas precisas para comprobar la existencia de dichos defectos ocultos.

Si, tras las investigaciones correspondientes, la Dirección de Obra ordena la demolición y reconstrucción, los gastos de esas operaciones serán de cuenta del Contratista, con derecho de éste a reclamar ante la Administración contratante en el plazo de diez días contados a partir de la notificación escrita de la Dirección de Obra.

El Director de Obra podrá siempre aceptar en los casos de obras defectuosas, soluciones alternativas a la demolición propuestas por el Contratista que garanticen que la obra quede en condiciones análogas a las que inicialmente se impusieron.



### **5.28.3 DEFECTOS APARECIDOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA**

Si antes de terminar el plazo de garantía, algún elemento fallara más de dos veces, la Dirección de Obra podrá obligar al Contratista a sustituir dicho elemento

### **5.28.4 INCUMPLIMIENTO DE LOS PLAZOS DE TERMINACIÓN**

En lo que corresponde a penalizaciones por incumplimiento de los plazos se estará a lo que al respecto determine la Ley de Contratos del Estado y Legislación Posterior aplicable.

### **5.28.5 RESULTADO NEGATIVO DE LAS PRUEBAS DE RENDIMIENTO**

El programa de pruebas de rendimiento que habrá de acompañar al Acta Provisional establecerá las actuaciones a seguir si el resultado de alguna de las pruebas no es satisfactorio.

El cualquier caso, si los resultados obtenidos durante el Periodo de Garantía, difiriesen en más de un 10% de los exigidos para los parámetros fundamentales del proceso en el PBE, sin que se hubiesen detectado modificaciones importantes en las características previstas en las aguas de entrada a tratar, la Dirección de Obra podrá proponer la pérdida parcial o total de la fianza.

## **6. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE REGIRÁN EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **DE LAS OBRAS**

Además de lo especificado en el presente Pliego serán de aplicación en las obras regidas por este PPTP las siguientes disposiciones, normas y reglamentos en lo que resulte aplicable:

- RDL 2/2000, de 16 de junio, Ley de Contratos del Estado y su Reglamento General (RDL 1098/2001 de 12 de octubre).

- Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para Contratación de Obras del Estado (Decreto 3854/70 de 31 de Diciembre).
- Normas UNE.
- Estatuto de los trabajadores (RDL 1/1995, de 24 de marzo).
- Normas Internacionales ISO 2531-4179-8179-8180-4633.
- Norma de la American Water Association para compuertas manuales AWWA C 501-67.
- Normas de Ensayos redactadas por el Laboratorio de Transporte y Mecánica del Suelo del Centro de Estudio y Experimentación de Obras Públicas (Orden de 31-12-85).
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes del M.O.P.U. (PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones hasta la fecha de ejecución de la obra).
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE 98).
- Pliego General de Condiciones vigente para la recepción de los conglomerados hidráulicos.
- Normas vigentes para la redacción de Proyecto de Abastecimiento de agua y saneamiento de Poblaciones.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de Cementos (RC-97).
- Norma de Estructuras de Acero en Edificación. (EA-95).
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE.
- Pliego General de Condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción.
- Reglamento de recipientes a presión.
- Reglamento de aparatos que utilizan combustibles gaseosos.
- Reglamento de redes y acometidas de combustibles gaseosos.
- Normas Básicas de instalaciones de gas.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Decreto 2.413/73 de 20 de Septiembre y 2295/85 de 9 de Octubre.

- Real Decreto 1627 de 24 de octubre de 1997 Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Cuantas normas sean de aplicación en el momento de ejecución de las obras.

Para la aplicación y cumplimiento de estas normas, así como la interpretación de errores u omisiones contenidos en las mismas, se seguirá tanto por parte de la Contrata adjudicataria, como por la Dirección de Obra, el orden de mayor a menor rango legal de las disposiciones que hayan servido para su aplicación.

## **7. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE DEBERÁN CUMPLIR LOS MATERIALES QUE SE UTILIZARÁN EN LA OBRA CIVIL**

Los materiales que se empleen en la obra habrán de reunir las condiciones mínimas establecidas en el presente Pliego. El Contratista tiene libertad para ofrecer los materiales que las obras precisen del origen que estime conveniente, siempre que ese origen haya quedado definido y aprobado en el Proyecto de Construcción.

### **7.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS, DRENAJES Y FIRMES**

#### **7.1.1 TERRAPLENES, PEDRAPLENES Y RELLENOS**

Los materiales para terraplenes cumplirán las condiciones que establece el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones para "suelos adecuados" o "suelos seleccionados". El suelo a utilizar en función de la misión resistente del terraplén.

Los materiales para pedraplenes cumplirán las condiciones que para "rocas adecuadas" establece el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

Los materiales para rellenos localizados cumplirán las condiciones que para "suelos adecuados" establece el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones. Cuando el relleno haya de ser filtrante se estará a lo que especifica el artículo 11.1.3 de este Pliego.

### **7.1.2 Drenes subterráneos**

Los tubos empleados en drenaje general del terreno deberán cumplir las condiciones establecidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

### **7.1.3 CUNETAS**

El hormigón para cunetas ejecutadas en obra cumplirá las condiciones establecidas a los hormigones en este PPTP.

### **7.1.4 REJILLAS PARA SUMIDEROS Y TAPAS DE REGISTRO**

Serán de fundición.

### **7.1.5 SUB-BASES GRANULARES**

Los materiales de las sub-bases granulares deberán cumplir las condiciones establecidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones para condiciones de tráfico pesado y medio.

### **7.1.6 ZAHORRAS ARTIFICIALES**

Los materiales cumplirán las condiciones establecidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones y su curva granulométrica estará comprendida en los husos reseñados como Z1 o Z2 de dicho artículo.

### **7.1.7 SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO**

Los materiales cumplirán las condiciones que se establecen en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones. La resistencia a compresión simple a los siete días del suelo-cemento no será inferior a 20 Kg/cm<sup>2</sup>.

### **7.1.8 GRAVA-CEMENTO**

Los materiales cumplirán las condiciones establecidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

La curva granulométrica de los áridos comprendida dentro de los límites del huso GC1.

### **7.1.9 RIEGOS DE IMPRIMACIÓN**

Los materiales cumplirán las condiciones que establece el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

Los ligantes bituminosos deben ser betunes asfálticos fluidificados de curado medio del tipo MC0, MC1 o MC2.

### **7.1.10 RIEGOS DE ADHERENCIA**

Los materiales cumplirán las condiciones que establece el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones, debiendo ser betunes asfálticos fluidificados de curado rápido del tipo RC0, RC1 o RC2.

### **7.1.11 MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE**

Los materiales deberán cumplir las exigencias del PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones. Los ligantes deberán ser betunes asfálticos y cumplirán las exigencias marcadas en dicho Pliego.

Se utilizarán mezclas basadas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones para tráfico pesado.

### **7.1.12 PAVIMENTOS DE HORMIGÓN**

Los materiales cumplirán las exigencias que se establecen en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones. La resistencia característica a flexotracción del hormigón será superior a 40 Kg/cm<sup>2</sup>.

### **7.1.13 ACERAS**

En aceras y zonas de paso no sometidas al tráfico de vehículos automotores se empleará el pavimento de baldosas hidráulicas que cumplirán las condiciones establecidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones para baldosas de clase 1<sup>a</sup>.

### **7.1.14 BORDILLOS**

Los bordillos serán prefabricados de hormigón y cumplirán las condiciones establecidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

## **7.2 CEMENTO, MORTEROS Y HORMIGONES**

### **7.2.1 CEMENTOS**

El cemento empleado en hormigones en masa o armados y en morteros será el definido en el Proyecto de Construcción y deberán cumplir las exigencias establecidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de cementos (RC-97).

El cemento será de categoría 350 o superior salvo en hormigones de limpieza o rellenos en que conviniera utilizar el 250.

Deberá razonarse la utilización de cementos distintos al P-350 o superiores, en función de las características especiales de la obra, y siempre dentro de los tipos contemplados en el Pliego RC-97.

El cemento empleado en hormigones pretensados deberá cumplir las exigencias establecidas en la Instrucción EA 95 y satisfacer las condiciones que se prescriben en el Pliego RC-97.

### **7.2.2 MORTEROS**

Se utilizarán los materiales adecuados a los diferentes usos teniendo en cuenta la compatibilidad de los aglomerantes de acuerdo con la norma UNE 41123.

### **7.2.3 HORMIGONES**

Los materiales para hormigones en masa o armados cumplirán las normas contenidas en la Instrucción EHE 98.

Los materiales para hormigones pretensados cumplirán las normas contenidas en los artículos 8, 9 y 10 de la Instrucción EA 95.

## **7.3 MATERIALES METÁLICOS**

### **7.3.1 ACEROS PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO**

Los aceros para armaduras de hormigón armado cumplirán las exigencias contenidas en la Instrucción EHE 98. Las barras lisas se regirán por la norma UNE 36097, las barras corrugadas por la norma UNE 36088 y las mallas electrosoldadas por la norma UNE 36092. Los productos denominados “alambres corrugados” se asimilan a las barras corrugadas, cuando cumplan las condiciones de éstas, y se regirán por la norma UNE 36099.

### **7.3.2 ACEROS PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN PRETENSADO**

Los aceros para armaduras de hormigón pretensado cumplirán las exigencias contenidas en el artículo 32 de la Instrucción EHE 98.

Las vainas y accesorios, así como los productos de inyección se regirán según lo estipulado en el artículo 35 de la Instrucción EHE 98.

Las armaduras pasivas se regirán por el artículo 31 de la instrucción EHE 98.

Los alambres, torzales y cordones para armaduras de hormigón pretensado se regirán por las normas UNE 36095, 36096 y 36098.

### **7.3.3 ACEROS PARA ESTRUCTURAS**

Los aceros para estructuras se seleccionarán de acuerdo con la norma EA-95 y cumplirán las condiciones correspondientes a las normas específicas que regulen a cada uno de ellos.

### **7.3.4 ACEROS INOXIDABLES**

Los aceros inoxidable se regirán por las normas UNE 36016 y 36257.

### **7.3.5 FUNDICIÓN GRIS**

La fundición gris se regirá por la norma UNE 36111. Sólo podrán utilizarse los tipos de fundición FG 30 y FG 35.

### **7.3.6 FUNDICIÓN NODULAR**

La fundición nodular se regirá por la norma UNE 36118. La calidad mínima de fundición nodular que puede utilizarse será la designada como tipo FGE 42 en dicha norma.

### **7.3.7 ACEROS MOLDEADOS**

Los aceros moldeados no aleados se regirán por la norma UNE 36252. La calidad mínima que puede utilizarse será la designada como tipo AM 45 en la citada norma.



## **7.4 MATERIALES PARA EDIFICIOS**

### **7.4.1 HORMIGONES Y MORTEROS**

Se regularán de acuerdo con lo estipulado en los artículos 7.2.2 y 7.2.3 de este PPTP.

### **7.4.2 CALES**

La cal aérea será de la clase I según la norma UNE 41067.

La cal hidráulica será de la clase I según la norma UNE 41068.

### **7.4.3 YESOS Y ESCAYOLAS**

Los yesos utilizados en enlucidos o blanqueo y en acabado de revestimientos será del tipo Y-25F definido en la norma UNE 102-010. Para las demás labores se admitirá el tipo Y-20 de la misma norma.

Las escayolas deberán ser del tipo E-35 definido en la norma UNE 102-011, tanto para la ejecutada “in situ” como para la que se utilice en prefabricados.

Para los prefabricados de yeso o escayola se cumplirán las normas UNE 102-020, 102-021, 102-022, 102-023 y 102-024, con las limitaciones para la cantidad del material básico que se expresan en este punto.

### **7.4.4 INSTALACIONES INTERIORES DE AGUA**

Los materiales que constituyen las instalaciones interiores de agua fría se regirán por la Norma Básica “Instalaciones Interiores de Agua” del Ministerio de Industria y Energía y por la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-IFF.

Las tuberías y piezas especiales serán de cobre y cumplirán las especificaciones existentes en la norma NTE-IFF.

Los materiales que constituyen las instalaciones de agua caliente, desde la toma de la red de agua fría hasta los aparatos de consumo, cumplirán las especificaciones de la norma NTE-IFC.

Las tuberías y equipos de origen industrial, deberán cumplir las condiciones fijadas en las normas NTE-IGC y NTE-IDG, así como las contenidas en las Normas Básicas de instalaciones de gas del Ministerio de Industria y Energía.

#### **7.4.5 INSTALACIONES DE GAS**

Las instalaciones de gas cumplirán las condiciones fijadas en las Normas Básicas para Instalaciones de Gas del Ministerio de Industria y Energía.

#### **7.4.6 INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Las instalaciones eléctricas en edificios se regirán por las Instrucciones MI BT 017, 018, 019, 020, 021, 022, 023 y 024 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Los conductores tendrán una tensión de aislamiento de 0,6/1 Kv instalados bajo tubos protectores y con una sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>. La caída de tensión desde el origen interior a los puntos de utilización será como máximo de 1,5 por 100, considerando alimentados todos los aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente.

#### **7.4.7 ESTRUCTURAS METÁLICAS**

Las estructuras metálicas en edificios se regirán por la Instrucción EA 95, con las limitaciones para la calidad del acero especificadas en el punto 7.3.3 de este PPTP.

#### **7.4.8 SANEAMIENTO INTERIOR**

Los materiales y equipos deberán cumplir las condiciones exigidas en la norma NTE-ISS/1983.

#### **7.4.9 PINTURAS**

Las materias primas constitutivas de las pinturas se regirán por las normas INTA comisión 16.

Los aceites secantes cumplirán las condiciones exigidas en las normas INTA 1.611 que le corresponda.

Los pigmentos y cargas cumplirán las exigencias de las normas INTA 1.612 que les sean de aplicación.

Los disolventes compuestos se regirán por las normas INTA 1.613 y los preparados por las 1.623 que les sean de aplicación.

Los plastificantes cumplirán las condiciones exigidas en la norma INTA 161401 A.

Los secantes cumplirán la norma INTA 161501 A.

Las resinas se regirán por las normas INTA 1616 que les sean de aplicación.

El Proyecto de Construcción especificará las materia primas de las pinturas ofertadas y las normas INTA por las cuales se regirán.

#### **7.4.10 CUBIERTAS**

Los materiales deberán cumplir las condiciones fijadas en las Normas Tecnológicas “NTE Q Cubiertas” y en la norma MV-301/1970.

#### 7.4.11 REVESTIMIENTOS

Los materiales deberán cumplir las condiciones fijadas en las Normas Tecnológicas “NTE R Revestimientos” con las limitaciones para la calidad del material básico que se expresen en este PPTP.

#### 7.4.12 LADRILLOS, BALDOSAS Y MATERIALES CERÁMICOS

Los ladrillos de arcilla cocida se regirán por la norma UNE 67019 y deberán cumplir las condiciones exigidas en la misma según su tipo y clase.

Las baldosas de cemento para pavimentos se regirán por la norma UNE 41008 y deberán cumplir las condiciones exigidas para la clase 1ª de dicha norma.

Los azulejos de revestir paredes se regirán por la norma UNE 24007 y deberán cumplir las condiciones de calidades y tolerancias exigidas para los azulejos clasificados como de la 1ª clase en la citada norma.

#### 7.4.13 CARPINTERÍA

La carpintería de madera para puertas se regirá por las normas UNE 56801 y 56803. La carpintería para ventanas será de aluminio anodizado.

El Proyecto de Construcción deberá definir detalladamente la carpintería ofertada en cuanto a calidad de los materiales utilizados.

### 7.5 TUBERÍAS

#### 7.5.1 TUBERÍAS DE FUNDICIÓN DÚCTIL

Las características mecánicas deberán ser las siguientes:

	Tracción mínima (kg/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento rotura
Tubos Centrifugados	43	8 %
Tubos fundidos en molde de arena y piezas	43	5 %

La dureza Brinell máxima será de 230.

Las tuberías de fundición dúctil cumplirán las exigencias existentes en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua, aprobado el 27/7/74.

Los tubos, uniones y piezas especiales deberán ser sanos y exentos de defectos de superficie y de cualquier otro que pueda tener influencia en su resistencia y comportamiento.

Se fabricarán por centrifugado, con alargamiento a la rotura superior al 8%. Las piezas especiales (conos, codos, tes, etc.) se fabricarán con moldes fijos de arena, con alargamiento mínimo del 5%. Las juntas serán elásticas flexibles (automáticas) del tipo de enchufe y campana, con un anillo de elastómero para impermeabilización, con una estanqueidad total según la norma ISO 4633.

Los tubos llevarán un revestimiento interior (según la norma ISO 4179) de mortero de cemento centrifugado; el espesor mínimo de cualquier punto del tubo hasta 300 mm de diámetro será de 1,5 mm, mientras que será de 2,5 mm para tubos de 350 mm hasta 600 mm de diámetro. La protección exterior de los tubos frente a la oxidación se realizará mediante la aplicación de barniz exento de fenoles o mediante pinturas de alquitrán-epoxi sobre un revestimiento de zinc, según la norma ISO 8179.

**TABLA DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS PARA TUBOS SERIE K = 9**

Caña(D.exter.(mm))	Diamétero nominal	Longitud útil(mm)	Media(mm)
118	100	6	6,1
170	150	6	6,3
222	200	6	6,4
274	250	6	6,8
326	300	6	7,2
378	350	6	7,7
635	600	6	9,9

738	700	7	10,8
842	800	7	11,7
946	900	7	12,6
1.048	1.000	7	13,5

A partir de la presión de rotura calculada para cada diámetro según la fórmula:

$$Pr = 2 t e/D$$

Donde:

D = diámetro nominal interior del tubo

E = espesor de la pared del tubo

T = rotura a tracción del material = 43 Kg/mm<sup>2</sup>

se obtendrán las presiones de prueba en fábrica (Pp) y presión de trabajo (Pt).

$$Pp > Pr / 2 \quad ; \quad Pt > Pp / 2$$

Por tanto, el coeficiente de seguridad o rotura será:

$$Pr / Pt > 4$$

Siendo el punto de vista mecánico, los tubos de fundición dúctil de serie K = 9 deben ser instalados en las siguientes condiciones:

Diámetro Nominal D.N.	Altura máxima de cobertura (m)	
	Sin carga rodante	Con carga rodante
100	18,0	18,0
150	10,5	10,5
200	7,5	7,5
250	6,5	6,5

300	6,5	6,0
350	6,0	6,0
600	5,5	5,0
700	4,0	4,0
800	3,0	2,5
900	3,0	2,5
1.000	3,0	2,5

donde se entiende como carga rodante la correspondiente a un máximo de 10 Tm por rueda.

En cualquier caso no se dispondrá alturas de cobertura inferior a 1 metro.

En el caso de cruce con alguna veta de yesos, la tubería irá apoyada sobre un dado de hormigón fabricado con cemento Portland resistente al yeso.

El Contratista deberá realizar previamente a la instalación de la tubería, un estudio de los terrenos por donde aquella habrá de discurrir con el fin de determinar las características electroquímicas de los terrenos y si fuera preciso en algún tramo prever una protección adicional. Los materiales para realizar dicha protección (manga de polietileno, hilo plastificado y cinta adhesiva) se suministrarán sin cargo adicional sobre el precio de la tubería.

### **7.5.2 TUBERÍAS DE HORMIGÓN ARMADO CON CAMISA DE CHAPA DE ACERO**

Las tuberías de hormigón, en cuanto a clasificación, materiales, proyecto y ejecución, tolerancias, piezas especiales y pruebas, cumplirán las prescripciones indicadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Abastecimiento de Aguas del M.O.P.U.

La resistencia característica a la compresión del hormigón debe ser superior a la de cálculo, tanto para los tubos centrifugados como vibrados. Ésta en ningún caso debe ser inferior a los 25 N/mm<sup>2</sup>, en probeta cilíndrica.

Para poder seguir cada uno de los procesos de fabricación de los tubos y poder identificarlos inequívocamente, se les pondrá una marca o matrícula, consistente en un número de orden dentro de la fabricación del forro, troquelándolo en uno de los cabezales metálicos por lo menos y después de revestido, se volverá a imprimir en su parte interior el número del tubo, su presión de servicio y fecha de revestido.

Durante el proceso de fabricación del tubo, el laboratorio de fábrica controlará cada una de las fases. El alcance de dicho control queda detallado en los apartados siguientes:

Se exigirá de las casas suministradoras el envío de los certificados de control de calidad, relativos a las características establecidas. Para confirmar dichos certificados se procederá al comienzo de la fabricación a la realización de los ensayos necesarios para comprobar las características exigidas.

Todas las camisas, que se fabricarán a partir de material recepcionado, serán probadas a presión interior para detectar los posibles poros que den los cordones de soldadura. La presión de prueba será la fijada en el Pliego de Tuberías de Abastecimiento de Aguas del M.O.P.U.

La prueba se realizará en las prensas de la fábrica y si resulta satisfactoria se le dará el visto bueno y se registrará en el impreso de control de forros.

Se controlará la longitud y diámetro interior de ambas bocas y espesor de las mismas aceptándose dentro de los márgenes de tolerancia señalados en dicho Pliego.

Diariamente se confeccionará un parte con relación de tubos terminados y paralelamente se confeccionará una ficha con el registro de las siguientes cuestiones:

- Diámetro, número de tubo y presión.
- Fechas de moldeo, temperatura max/min, días de riego.
- Dosificación de hormigones y sus resistencias.
- Pruebas de forro.
- Materias primas empleadas.
- Control de dimensiones e inspecciones de las distintas etapas y tubo terminado.



- En el momento del troquelado del número de orden, se abrirá una ficha para cada tubo en la que se recojan a lo largo del proceso las características físico/geométricas de las distintas fases de su fabricación.
- Asimismo y por la parte posterior de la ficha, se recogerán los resultados de las pruebas y ensayos correspondientes a las partidas de los materiales empleados en cada caso.
- Los tubos se cargarán sobre camión mediante eslingas metálicas convenientemente protegidas, descansando sobre cuñas de madera.
- La descarga en obra se hará igualmente a través de eslingas similares a las utilizadas en la carga, depositándose en obra con las precauciones necesarias para evitar desperfectos en el hormigón de revestimiento.
- Cada tubo llegará a obra con dos ejemplares de la ficha del mismo. Una vez colocado, se indicará la posición que ocupa en relación con el despiece en la misma ficha y se entregará un ejemplar a la Dirección de Obra.

### 7.5.3 TUBERÍAS DE ACERO

El material de las tuberías de acero será del tipo A 410 según la norma UNE 36080.

Los accesorios, como bridas, codos, reducciones, etc., serán construidos de acuerdo con la norma DIN, siendo las bridas planas.

El cálculo del espesor de las tuberías se justificará en función de los esfuerzos a que estará sometida y la carga de trabajo admisible para el material, de acuerdo con las normas indicadas en el P.P.T.G. para Tuberías de M.O.P.U. El sobreespesor que se adopte para tener en cuenta los efectos de corrosión no será inferior, en ningún caso, a dos milímetros.

La relación de diámetro de tubería a espesor de la chapa será superior a 200 y el espesor será siempre igual o mayor a cinco mm en tuberías de diámetro igual o menor a 300 mm y de seis mm para tuberías de diámetro superior a 300 mm.

El radio mínimo de los codos será vez y media el radio interior de la tubería. La longitud de los conos será como mínimo siete veces la diferencia de los diámetros máximo y mínimo de los conos.

Los entronques de tuberías de diámetro superior a 300 mm se rigidizarán con refuerzos a base de baberos. Como mínimo el espesor del babero será cuatro veces el de la tubería de mayor espesor.

Los entronques de tuberías de diámetros inferiores a 300 mm, o si una de las tuberías es de diámetro inferior a 300 mm, se rigidizará con refuerzos planos cuyo espesor no será inferior al de la chapa de la tubería de mayor diámetro.

No se permitirá soldadura directa de codos, conos, reducciones, etc., a bridas. La unión se hará mediante un carrete cilíndrico, cuya longitud no será inferior a cien (100) mm.

Los codos serán estirados, sin soldadura, hasta un diámetro de 150 mm, a partir del cual podrán ser codos por sectores.

La preparación de las chapas y su soldadura para la formación de virolas será ejecutada en taller, por procedimientos automáticos o semiautomáticos.

#### **7.5.4 TUBERÍAS DE P.V.C.**

Los tubos de P.V.C. serán elaborados a partir de resina o cloruro de polivinilo pura, obtenida por el proceso de suspensión y mezcla posterior extensionada.

Serán de tipo liso según DIN-9662 y UNE-53112 y se soldarán según las instrucciones de las normas DIN-16930.

Estarán timbrados con las presiones normalizadas, de acuerdo con el T.P.C.

Cumplirán las condiciones técnicas y de suministro según las normas DIN-8062 y no serán atacables por roedores.

### **7.5.5 OTROS TIPOS DE TUBERÍAS**

Para otras clases de tuberías en las que no se especifican condiciones particulares en este Pliego, cumplirán las condiciones impuestas en la normativa general y especial correspondiente a cada tipo de material.

## **7.6 OTROS MATERIALES**

### **7.6.1 MATERIALES METÁLICOS EN INSTALACIONES Y EQUIPOS**

Los materiales metálicos serán los definidos en el capítulo 7.3 de este PPTP.

### **7.6.2 TORNILLOS Y ROBLONES**

Los materiales se regirán por la norma EA 95.

### **7.6.3 GALVANIZACIÓN EN CALIENTE**

La galvanización en caliente se regirá y deberá cumplir las condiciones existentes en la norma UNE 37501.

### **7.6.4 PINTURA PARA PROTECCIÓN DE SUPERFICIE METÁLICA**

Las superficies metálicas sometidas a inmersión continua en agua se tratarán mediante pintura negra alquitrán-epoxi, que se regirá por la norma INTA 164407. La superficie se preparará mediante chorreado abrasivo hasta el grado Sa 2 1/2 de SVENSK STANDARD SIS 055900. Se aplicarán tres capas de 125 micras de espesor por capa.

Las superficies metálicas no sumergidas expuestas en atmósferas industriales, o en exteriores, llevarán un tratamiento de dos capas de 35 micras cada una, de imprimación minio de plomo clorocaucho, según normas INTA 164701 A. La superficie se preparará mediante chorreado abrasivo hasta el grado Sa 2 1/2 de SVENSK STANDARD SIS 055900.

### **7.6.5 LIMPIEZA DE SUPERFICIES METÁLICAS**

Las superficies metálicas de acero, antes de pintar, se prepararán mediante limpieza por chorreado abrasivo. Se regirá por la norma INTA 160705 y se conseguirá un chorreado abrasivo “a metal casi blanco” correspondiente a un grado Sa 2 1/2 de SVENSK STANDARD SIS 055900.

### **7.6.6 SOLDADURAS**

Las soldaduras en obra se realizarán por arco. El Proyecto de Construcción definirá el tipo de electrodo a utilizar según las normas UNE 14001.

### **7.6.7 MADERA**

La madera para entibaciones, apeos, cimbras, andamios y encofrados deberá cumplir las condiciones exigidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

### **7.6.8 CIMBRAS, ENCOFRADOS Y MOLDES**

Las cimbras, encofrados y moldes deberán cumplir las exigencias contenidas en la Instrucción EHE 98.

### **7.6.9 BIOMASA PARA BIOFILTRO.**

El material constitutivo de los biofiltros estará compuesto a partir de corteza de pino, chopo, ramas de poda o subproductos de aserraderos.

Tendrá una granulometría variable entre 0 y 40 mm, disponiéndose en la parte inferior el material de mayor tamaño, según las indicaciones del proyecto.

Tendrá una capacidad de eliminación de SH2 de aproximadamente 130 gr/m<sup>3</sup>/hora una vez alcanzado el grado de humedad óptimo.

#### **7.6.10 MATERIALES NO ESPECIFICADOS EN ESTE PLIEGO**

Los materiales que, sin expresa especificación en el presente Pliego, hayan de ser empleados en obra, estarán sometidos a las condiciones establecidas en Normas y Reglamentos o Instrucciones a los que se alude en el Capítulo 6 de este PPTP.

### **8. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE REGIRÁN EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES**

#### **8.1 DE LOS MOVIMIENTOS DE TIERRAS, DRENAJES Y FIRMES**

##### **8.1.1 EXCAVACIONES DE EXPLANACIÓN, VACIADO Y EMPLAZAMIENTO DE OBRAS**

Se ajustarán a las dimensiones y perfiles que constan en el Proyecto de Construcción, así como a los datos fijados en el replanteo y en su defecto a las normas que dicte el Director de Obra.

La ejecución deberá ajustarse a lo que dicta el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

##### **8.1.2 EXCAVACIONES EN ZANJAS Y POZOS**

La ejecución se ajustará a lo que dicta el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

El Contratista deberá proteger en su caso las paredes de las zanjas mediante entibaciones y acordalamientos que garanticen su permanencia inalterable hasta el total relleno de la excavación.

Las tolerancias de las superficies acabadas serán las existentes en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones, cuando a juicio del Director de Obra éstas sean necesarias.

### **8.1.3 EXCAVACIÓN ESPECIAL DE TALUDES EN ROCA**

La ejecución se realizará con arreglo a lo especificado en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

### **8.1.4 ENTIBACIONES**

Las entibaciones y apeos deberán ser ejecutados por personal especializado, no admitiéndose en ningún caso, salvo en las ayudas al mismo, otro personal no clasificado como tal.

Será de rigurosa aplicación lo establecido en la vigente legislación sobre higiene y seguridad del trabajo, y muy especialmente en lo que se refiere a la vigilancia diaria y permanente a cargo del personal especializado, del estado de las entibaciones y apeos, exigiéndose la constante atención del “acuñado” a fin de que en ningún caso quede mermada su efectividad en ningún punto de la zona protegida.

### **8.1.5 AGOTAMIENTOS**

Los agotamientos que sean necesarios se realizarán reuniendo las aguas en pocillos construidos en el punto más bajo del sector afectado, de forma tal, que no se entorpezca el desarrollo normal del trabajo. Ello en el caso de que las aguas no tengan fácil salida por sí solas, o bien por no ser posible incorporar las aguas a cauces naturales o artificiales existentes, o bien porque la necesidad de organizar diversos “tajos” impida el natural desagüe de alguno de ellos. En todo caso, se adoptarán las medidas que determine la Dirección de Obra.

En tanto que las aguas reunidas en pocillos puedan ser extraídas por medios manuales se considerarán a todos los efectos que las excavaciones se realizan en “seco”. Igual consideración tendrán las excavaciones cuando sea posible desalojar las aguas por su natural escorrentía, incluso con obra complementaria de apertura de canalillos o drenaje adecuado.

De no ser posible la extracción de las aguas según lo mencionado anteriormente, se procederá a su extracción por medios mecánicos utilizando equipos de bombeo adecuados, en tal caso se considerará que la excavación se realiza “con agotamiento”.

#### **8.1.6 TERRAPLENES, PEDRAPLENES Y RELLENOS**

Los terraplenes se ejecutarán según se especifica en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones. El Proyecto de Construcción definirá la compactación que se debe alcanzar, que no será inferior al 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo de Próctor (NLT-107).

Los pedraplenes se ejecutarán según se especifica en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones. Las tolerancias de las superficies acabadas serán las indicadas en dicho Pliego.

Los rellenos se ejecutarán según el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones, con las limitaciones contenidas en él. La compactación exigida vendrá definida en el Proyecto de Construcción y no será inferior al 95% de la densidad máxima alcanzada en el ensayo Próctor (NLT-107).

La terminación y refino de la explanada y taludes se ejecutará según el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones, con las tolerancias del acabado indicadas en él.

#### **8.1.7 DRENES SUBTERRÁNEOS**

La ejecución se ajustará a lo especificado en los artículos 420.3 y 421.3 del PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones. La compactación del relleno de material filtrante deberá especificarse en el Proyecto de Construcción y no será inferior al 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Próctor siempre que esto no suponga algún riesgo para los tubos drenantes.

### **8.1.8 CUNETAS**

La ejecución se realizará de acuerdo a lo especificado en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

### **8.1.9 DIMENSIONAMIENTO DE FIRMES FLEXIBLES**

Se dimensionarán en función de la capacidad portantes de la explanada, según la Instrucción de Carreteras 6.1 IC, para categorías de tráfico T1 y T2 (pesado y medio).

En pavimentos deberá utilizarse mezclas bituminosas en caliente, con las limitaciones que impone el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

### **8.1.10 DIMENSIONAMIENTO DE FIRMES RÍGIDOS**

Se dimensionarán según la Instrucción de Carreteras 6.2 IC, en función de la capacidad portante de la explanada para categorías de tráfico T1 y T2 (pesado y medio).

### **8.1.11 SUB-BASES GRANULARES**

La ejecución deberá cumplir las condiciones impuestas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

Las tolerancias de la superficie acabada serán las contenidas en dicho pliego con sus correspondientes limitaciones.

### **8.1.12 ZAHORRAS ARTIFICIALES**

Se ejecutarán conforme especifica el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones, compactando al 100% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Próctor modificado (NLT-108). Las tolerancias serán las que impone el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.



**8.1.13 SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO**

La ejecución deberá cumplir las especificaciones contenidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

**8.1.14 GRAVA-CEMENTO**

Se ejecutará con arreglo a las especificaciones existentes en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones. Las tolerancias de las superficies acabadas y las limitaciones de la ejecución serán las existentes en dicho Pliego.

**8.1.15 RIEGOS DE IMPRIMACIÓN Y DE ADHERENCIA**

Los riegos de imprimación y de adherencia se ejecutarán según el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones, con las limitaciones impuestas en él.

**8.1.16 MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE**

Se ejecutarán de acuerdo con las especificaciones exigidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones. Las tolerancias de la superficie acabada serán las contenidas en él, y con las limitaciones de ejecución que él mismo impone.

**8.1.17 PAVIMENTOS DE HORMIGÓN**

Se ejecutarán con arreglo a lo especificado en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones, y con las tolerancias que él mismo exige.

### **8.1.18 BORDILLOS**

La ejecución de los bordillos deberá cumplir las especificaciones contenidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

## **8.2 DE LAS OBRAS DE HORMIGÓN**

### **8.2.1 CIMBRAS, ENCOFRADOS Y MOLDES**

Se ejecutarán con arreglo a lo dispuesto en la Instrucción EHE 98 y en la EA 95.

El descimbrado, desencofrado y desmoldeo se ejecutarán de acuerdo con la Instrucción EHE 98 y con la EA 95.

### **8.2.2 ARMADURAS**

El doblado y colocación de armaduras de hormigón armado se realizará según dispone la EHE 98.

La colocación de armaduras pasivas y activas así como el tensado de éstas últimas en las obras de hormigón pretensado se realizará según la EA 95.

### **8.2.3 HORMIGONES**

Para obras de hormigón en masa o armado, la dosificación, fabricación, puesta en obra, realización de juntas de hormigonado en tiempo frío y calurosa y curado se ejecutarán de acuerdo con las especificaciones contenidas en la EHE 98.

Para obras de hormigón pretensado regirán los artículos 32, 33, 34, 35 y 36 de la Instrucción EHE 98.

En general para obras de hormigón en masa o armado, las bases de cálculo, acciones, etc., se regirán por la EHE 98, comprobándose las condiciones de fisuración.

En general para obras de hormigón pretensado se cumplirán las condiciones existentes en la EHE 98 en relación con la protección requerida a efectos de fisuración.

La máxima irregularidad que deben presentar los paramentos planos, medida respecto a una regla de dos metros de longitud, aplicada en cualquier Dirección, será de seis (6) mm en superficies vistas y veinticinco (25) mm en superficies ocultas. Las tolerancias en paramentos curvos serán las mismas, pero se medirán respecto a un escantillón de dos metros cuya curvatura sea la teórica.

#### **8.2.4 FORJADOS RETICULARES DE HORMIGÓN ARMADO**

Los forjados serán con nervios de hormigón armado dispuestos en dos direcciones perpendiculares entre sí, y que cumplan las condiciones que establecen las bases de cálculo.

Las plazas de entrevigado serán cerámicas sin alabeos, roturas ni fisuraciones, deberán resistir, apoyado en sus bordes, una carga vertical de 250 Kg/m<sup>2</sup>. Los puntales del encofrado serán capaces de soportar el peso del forjado que sobre él gravita, más un 30% por carga accidental durante la Construcción. Se colocarán bajo las sopandas, no debiéndose utilizar diámetros inferiores a 7 cm admitiéndose más de un puntal empalmado por cada cuatro enterizos.

Conviene introducir riostras y cruces de San Andrés discrecionalmente, sobre todo el contorno. Cuando la altura supere los 4 metros se tomarán precauciones en la disposición de puntales y su arriostramiento.

Cuando se trate del primer forjado se cuidará el apoyo de los puntales sobre el terreno.

El desencofrado se realizará:

- a) En condiciones normales de temperatura, el plazo de desencofrado será de 21 días.
- b) Puede homogeneizarse la planta superior a los 8 días del hormigonado de la planta inferior, siempre que ésta se encuentre apuntalada.
- c) No deben existir más de tres plantas encofradas a la vez.

- d) Para luces de recuadros mayores de 6 x 6 m, o bien cuando la temperatura se aproxime a los 50 grados C. Los 8 días del apartado b) se sustituirán por 10 días.
- e) En caso de voladizos el desencofrado se hará de manera que la flecha se obtenga gradualmente.
- f) Se evitará el desencofrado súbito y sin precauciones, evitando el impacto de los encofrados sobre los forjados.

Durante la Construcción de los cerramientos y tabiques se evitará el acopio excesivo de material sobre el forjado e igualmente se tendrá en cuenta la deformación propia del mismo a fin de evitar la formación de fisuras en las fábricas.

Es muy importante evitar agujeros en las zonas macizas de los capiteles. En el caso de que sea inevitable, los orificios se preverán al hacer el proyecto a fin de disponer el armado especial que cada caso requiera y poder emplear como molde tubos de fibrocemento o metálicos sin herir el hormigón del capitel.

Se verificará que no disminuya la resistencia al esfuerzo cortante o a flexión en el elemento y en ningún caso se practicarán agujeros después de hormigonar el forjado.

Las piezas de aligeramiento se mojarán previamente y en este estado se encontrarán en el momento de hormigonar.

La alineación de las piezas debe ser lo más perfecta posible utilizando el procedimiento que se estime oportuno.

Los capiteles o zonas macizas del forjado se anclarán a los pilares según el detalle que figure en los planos.

Antes de hormigonar, se revisará la disposición, calibres y recubrimientos de las armaduras.

A no ser que se indique expresamente otra cosa, los nervios perimetrales tendrán un ancho mínimo de 25 cm, pero siempre mayor que el canto del forjado.

Cuando existan fábricas u otro tipo de cargas que apoyen sobre forjados, se asegurará que dicho forjado ha sido calculado para dicha carga, a cuyo fin en los planos se indicará la zona prevista para dicho apoyo.

Se evitará la colocación de maquinillos en los bordes de los forjados sin el debido apeo.

Cuando se dejen vanos la implantación de la grúa, se procurará que no afecten a las fajas principales entre pilares y sobre todo que no deje en vuelo el forjado cortado.

### **8.2.5 MORTEROS DE CEMENTO**

El Proyecto de Construcción definirá la dosificación en función del uso a que se destine.

El cemento será P-350. En general, el mortero para fábricas de ladrillo y mampostería podrá tener una dosificación de 250 Kg de P-350 por metro cúbico, y para el resto de usos superior a 450 Kg de P-350 por metro cúbico.

## **8.3 DE LAS ESTRUCTURA METÁLICAS**

Las acciones adoptadas en el cálculo se regirán por la norma EA 95, y se tendrán en cuenta las recomendaciones de la Instrucción E.M. 62 del Instituto Eduardo Torroja.

Sobre el cálculo de las estructuras de acero se seguirán las especificaciones existentes en la norma EA 95.

La ejecución en taller y el montaje en obra de las estructuras de acero se regirán por la norma EA 95, con las limitaciones de materiales impuestas en el capítulo 7.3 de este PPTP. Tiene importancia fundamental en la ejecución de las soldaduras la capacitación profesional de los operarios que realizan las soldaduras, que deberán acreditar su cualificación según la norma UNE 14010.

Para uniones mediante roblones, tornillos ordinarios y calibrados y tornillos de alta resistencia, se seguirán las especificaciones de la norma EA 95.

La limpieza y protección de los elementos de la estructura que queden a la intemperie se realizarán según lo contenido en el artículo 7.6.5 de este PPTP.

## **8.4 DE LA EDIFICACIÓN**

### **8.4.1 MUROS RESISTENTES DE FÁBRICA DE LADRILLO**

El cálculo y la ejecución se regirán por la norma MV-201.

### **8.4.2 REVESTIMIENTOS**

Las condiciones de ejecución de revestimiento de paramentos, suelos, escaleras y techos serán las especificadas en las Normas Tecnológicas NTE R.

### **8.4.3 CUBIERTAS**

Las condiciones de ejecución en las cubiertas serán las especificadas en las Normas Tecnológicas NTE Q.

### **8.4.4 CONDICIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

Las condiciones de protección contra incendios en los edificios se detallarán en el Proyecto de Construcción y se atenderán a la Norma Básica MBE-CPI-82.

### **8.4.5 CONDICIONES ACÚSTICAS DE LOS EDIFICIOS**

Las condiciones acústicas de los edificios se detallarán en el Proyecto de Construcción, ateniéndose a la Norma Básica NBE-CA-82.

### **8.4.6 CONDICIONES TÉRMICAS DE LOS EDIFICIOS**

Las condiciones térmicas de los edificios se detallarán en el Proyecto de Construcción y se atenderán a la Norma Básica NBE-CT-79.

#### **8.4.7 INSTALACIONES INTERIORES DE AGUA**

Se ejecutarán con arreglo a las especificaciones de la Norma Básica “Instalaciones interiores de agua” del Ministerio de Industria y Energía y de la Norma Tecnológica NTE-IFF.

Las instalaciones de agua caliente se ejecutarán con arreglo a la Norma Tecnológica NTE-IFC.

#### **8.4.8 INSTALACIONES DE GAS**

Se realizarán con arreglo a las especificaciones de las Normas Básicas de “Instalaciones de gas” del Ministerio de Industria y Energía, así como a las establecidas en las normas Tecnológicas NTE-IGC y NTE-IDG en lo que fueran aplicables.

#### **8.4.9 SANEAMIENTO INTERIOR**

Se ejecutará con arreglo a las condiciones exigidas en la Norma Tecnológica NTE-ISS.

### **8.5 VARIOS**

#### **8.5.1 ILUMINACIÓN EXTERIOR MÍNIMA**

Salvo indicación contraria, se establece el siguiente nivel mínimo de iluminación:

- Viales: 20 lux
- Mecanismos: 50 lux

La instalación cumplirá las exigencias del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, siendo las luminarias de vapor de mercurio y las columnas de 8 m de altura.

### **8.5.2 EJECUCIÓN DE UNIDADES NO ESPECIFICADAS EN ESTE PLIEGO**

Las unidades que, sin expresa especificación en el presente Pliego, hayan de ser ejecutadas en obra, se realizarán conforme a las condiciones establecidas en Normas y Reglamentos o Instrucciones a los que este Pliego alude en su Capítulo 6.

## **9. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE DEBERÁN CUMPLIR LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS**

### **9.1 ÓRGANOS DE CIERRE Y REGULACIÓN DE CAUDAL EN TUBERÍAS Y CANALES**

#### **9.1.1 GENERALIDADES**

Las válvulas y compuertas accionadas por servomotores eléctricos o neumáticos, llevarán un equipo de accionamiento manual para apertura y cierre de las mismas. Estarán dotadas de dispositivos limitadores y de seguridad. Si alguna válvula o compuerta gobernada automáticamente no llevara equipo de accionamiento manual, por causas justificadas y aprobadas por la Dirección de Obra, el Contratista suministrará y montará dos unidades de aislamiento y una derivación dotada de una tercera para la totalidad del caudal. Todos los órganos de cierre y regulación llevarán señalización externa de su posición.

#### **9.1.2 COMPUERTAS**

El Contratista indicará a su oferta los materiales de engranaje, guías y husillo. El acero del tablero será como mínimo del tipo A-410 según UNE 36080.

El espesor mínimo del tablero será de 5 mm. Los vástagos y husillos tendrán el diámetro necesario para que en las condiciones más desfavorables de accionamiento de flecha no exceda 1/1000 de la longitud.

La estanqueidad, salvo indicación contraria, se realizará mediante bronce contra bronce.



### **9.1.3 VÁLVULAS**

Las válvulas metálicas todo-nada podrán ser de compuerta o mariposa. Las de regulación serán necesariamente del tipo mariposa u otros diseños especiales.

Las válvulas de compuerta podrán ser con acanaladura y con asiento blando.

El cuerpo de las válvulas metálicas será de acero fundido y los órganos de cierre y ejes de acero inoxidable.

## **9.2 BOMBAS, SOPLANTES Y COMPRESORES**

### **9.2.1 BOMBAS**

En las instalaciones de bombeo en que el servicio requiera una sola bomba, existirá otra de reserva que entrará automáticamente en marcha en caso de avería de la primera. Si el servicio requiere varias bombas en paralelo, la reserva quedará limitada al 50% por exceso de las existencias, y como mínimo alcanzará una unidad.

Las bombas cuyo caudal haya de ser variable en función de alguna medida de control, conseguirán la verificación mediante cambios continuos de su velocidad. Serán preferibles los variadores de tipo eléctrico (estáticos o dinámicos) a los mecánicos.

#### **9.2.1.1 TORNILLOS DE ARQUÍMEDES**

El Contratista indicará en su oferta los materiales a emplear en las distintas piezas integrantes. El material del cuerpo será como mínimo de acero tipo A-42.

El espesor de las chapas helicoidales será como mínimo de 6 mm si  $o < 1$  m, de 8 mm si  $o < 1,75$  m y de 10 mm si  $o > 1,75$  m. El espesor del tubo central será como mínimo igual o mayor que el de las hélices.

El Contratista explicará con todo detalle el sistema de lubricación de la quicionera inferior de apoyo y restantes soportes del tornillo. La flecha del tornillo en carga no superará  $1/1000$  de la longitud.

La máquina irá dotada de elementos antirretroceso debidamente dimensionados.

El reductor debe dimensionarse para condiciones de funcionamiento continuo, golpes bruscos y gran inercia. El motor se adecuará lo más estrictamente posible al consumo máximo.

El dispositivo de arranque debe posibilitar la puesta en marcha de dos escalones para potencias menores de 100 CV y de tres para potencias superiores.

Las soldaduras se realizarán con electrodo básico, previo trabajo adecuado de los bordes de las chapas. El control radiográfico será condición básica.

El acoplamiento motor-reductor, no será directo.

El acoplamiento reductor eje de bomba se realizará a través de elementos elásticos de la mejor calidad y dimensionado para los mayores golpes que pueda recibir.

La bancada de anclaje tendrá un peso mínimo igual a la mitad del peso conjunto de la máquina.

La sala de motores y reductores irá dotada de puente-grúa si la potencia unitaria es mayor de 75 CV y de polipasto si es inferior.

### **9.2.1.2 BOMBAS CENTRÍFUGAS**

Todas las bombas centrífugas se diseñarán de forma que el punto nominal de funcionamiento sea el correspondiente a un caudal un 10% superior al previsto en los cálculos, con la misma presión.

El ofertante incluirá la especificación técnica de cada bomba indicando fabricante, velocidad, número de etapas y curvas características, incluyendo la curva NPSH.

Los materiales de los distintos elementos cumplirán las condiciones siguientes:

- Carcasa: Fundición nodular u otro material que proponga el licitador justificándolo debidamente.
- Eje: Acero inoxidable.
- Rodetes: Bronce o acero inoxidable.
- Cierre: Mecánico, salvo en aquellos que trasieguen arenas o líquidos cargados con partículas abrasivas.

Las bombas serán montadas de tal forma que sus acoplamientos de entrada y salida del líquido impulsado no soporten tensiones producidas por las tuberías acopladas.

Si una bomba requiere, como parte de su mantenimiento preventivo, la limpieza e inspección periódica del interior de la carcasa, ésta deberá poder hacerse sin recurrir al desmontaje del motor de accionamiento ni de la propia carcasa.

Todas las tuberías de impulsión dispondrán de conexiones con válvula auxiliar y racord de 3/4" para posibilitar la medida de presión con manómetro.

Todas las bombas centrífugas se instalarán con la aspiración bajo la carga hidrostática adecuada a fin de evitar el descebado y las vibraciones.

Se evitará asimismo y por este motivo, curvas cerradas y diseños complejos en la aspiración, que debe ser lo más simple y directa posible.

Cualquier bomba instalada en la planta dispondrá de las válvulas de aislamiento correspondientes además de las antirretorno que precise.

El funcionamiento de las bombas no superará las 1500 r.p.m. en régimen normal. Únicamente se admitirán velocidades superiores si no fuera posible la adquisición en el mercado.

### **9.2.1.3 OTRO TIPO DE BOMBAS**

El ofertante incluirá en su oferta la especificación técnica de cada bomba indicando fabricante, materiales de las partes principales y cuántas características ayuden a definir completamente la máquina.

De aquellas piezas de la bomba (tubo elástico en las peristálticas, membranas o émbolos en las alternativas) cuya duración normal asegurada por el fabricante deber ser un dato fundamental en el proceso de selección, se indicará la duración garantizada. En general, se adoptarán para las bombas citadas los mismos criterios de instalación que para las bombas centrífugas.

Las bombas volumétricas de tornillo salomónico no superarán las 250 r.p.m. y su rotor será de acero inoxidable con tratamiento endurecedor superficial.

### **9.2.2 SOPLANTES Y COMPRESORES**

El ofertante incluirá en su oferta la especificación técnica de cada máquina indicando fabricante, materiales, sistemas de refrigeración y cuántas características ayuden a definirla completamente.

En nivel de ruido no sobrepasará los 80 dB si la máquina se instala en local donde existan otras máquinas que requieran acceso frecuente por parte del personal de mantenimiento.

Se asegurará en cualquier caso un aislamiento adecuado del edificio que albergue las máquinas, a fin de evitar la transmisión de ruidos y vibraciones al exterior, así como de garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad e higiene en el trabajo.

Se dispondrán los sistemas de filtrado adecuados de aire que aseguren un óptimo funcionamiento de las máquinas.

Las instalaciones y tuberías cuya temperatura sobrepase las temperaturas admitidas, se dispondrán de tal forma que eviten accidentes o quemaduras por contacto involuntario de los operarios.

Corre por cuenta del Contratista asegurar que la temperatura ambiente máxima de la sala de máquinas no supere el 30° C la temperatura exterior en verano, así como disponer los termómetros de ambiente para comprobarlo.

Las máquinas instaladas comprimiendo gas contra una red común dispondrán de las oportunas válvulas de aislamiento y antirretorno de la mejor calidad.

Se asegurará mediante soportes adecuados y elementos estáticos correspondientes que las máquinas no soporten tensiones ni transmitan vibraciones a las tuberías.

Se dispondrá para cada máquina la oportuna conexión para termómetro y manómetro, así como el manómetro fijo bien visible desde el exterior, indicador de la presión de la red principal.

Las instalaciones cuya potencia conjunta supere los 100 CV y la unitaria sobrepase los 25 CV, dispondrán de los mecanismos de elevación y movimiento adecuados que deberá ser puente-grúa si la potencia unitaria es superior a 75 CV y el número de máquinas mayor de dos.

Las máquinas rotativas mayores de 25 CV no deberán sobrepasar las 1500 r.p.m., debiendo justificarse en caso contrario la inexistencia de las mismas en el mercado.

Los motores deberán dimensionarse para una potencia superior al 20% de la estimada como consumo máximo, cuidándose de la elasticidad de la transmisión a eje de máquina.

El Contratista expondrá cuidadosamente tanto en la memoria como en las especificaciones de máquinas y presupuesto, las características detalladas de los equipos, edificios y tuberías e instalaciones, que han sido objeto de los párrafos anteriores, procurando desglosar al máximo las partidas.

La Administración exigirá en cualquier caso al adjudicatario la instalación de los elementos accesorios que aseguren el cumplimiento de las normas antes señaladas, dentro del precio del conjunto de la instalación ofertada.

Cuando la utilización del fluido impulsado requiera condiciones que obliguen a su secado, se especificará claramente si éste se efectuará mediante máquina frigorífica o de absorción. En los secadores de absorción el período mínimo de regeneración será de ocho horas.

## 9.3 TUBERÍAS

### 9.3.1 TUBERÍAS ENTERRADAS

Los apoyos, soportes, cunas y altura de apilado deberán ser tales que no se produzcan daños en las tuberías y sus revestimientos o deformaciones permanentes.

Las tuberías y accesorios cuyas características pudieran verse directa o negativamente afectadas por la temperatura, insolación o heladas deberán almacenarse debidamente.

El fondo de zanja deberá quedar perfilado de acuerdo con la pendiente de la tubería.

Durante la ejecución de los trabajos se cuidará de que el fondo de la excavación no esponje o sufra hinchamiento y si ello no fuera posible, se recompactará con medios adecuados hasta la densidad original.

Si la capacidad portante del fondo es baja, y como tal se entenderá aquella cuya carga admisible sea inferior a  $0,5 \text{ Kg/cm}^2$ , deberá mejorarse el terreno mediante sustitución o modificación.

La sustitución consistirá en la retirada del material indeseable y su sustitución por material seleccionado tal como arena, grava o zahorra. La profundidad de sustitución será la adecuada para corregir la carga admisible hasta los  $0,5 \text{ Kg/cm}^2$ . El material de sustitución tendrá un tamaño máximo de partícula de 33 mm.

La modificación o consolidación del terreno se efectuará mediante la adición de material seleccionado al suelo original y compactación. Se podrá emplear zahorras, arenas y otros materiales inertes con un tamaño máximo de 33 mm, así como adiciones de cemento o productos químicos.

Asimismo, se mantendrá el fondo de la excavación adecuadamente drenado y libre de agua para asegurar la instalación satisfactoria de la conducción y la comparación de las camas de apoyo.

El sistema de apoyo de la tubería en la zanja vendrá especificado en los planos del proyecto.

Las tuberías no podrán instalarse de forma tal que el contacto o apoyo sea puntual o una línea de soporte. La realización de la cama de apoyo tiene por

misión asegurar una distribución uniforme de las presiones de contacto que no afecten a la integridad de la conducción.

Para tuberías con protección exterior, el material de la cama de apoyo y la ejecución de ésta deberá ser tal que el recubrimiento protector no sufra daños.

Si la tubería estuviera colocada en zonas de agua circulante, deberá adoptarse un sistema tal que evite el lavado y transporte del material constituyente de la cuna.

Los materiales granulares para sientos y protección de tuberías no contendrán más del 0,3 % de sulfato, expresado como trióxido de azufre. Las dimensiones de las camas de material granular serán las indicadas en los planos.

Las conducciones podrán reforzarse con recubrimiento de hormigón si tuvieran que soportar cargas superiores a las de diseño de la propia tubería, evitar erosiones y/o descalces, o añadir peso para evitar su flotabilidad bajo nivel freático.

Las características del hormigón y dimensiones de las reacciones reforzadas vendrán indicadas en los planos.

Las tuberías, sus accesorios y material de juntas y cuando sea aplicable los revestimientos de protección interior y exterior, se inspeccionarán antes del descenso a la zanja para su instalación. Dicho descenso se realizará con equipos de elevación adecuados tales como cables, eslingas, balancines y elementos de suspensión que no puedan dañar a la conducción ni sus revestimientos. Las partes de la tubería correspondientes a las juntas se mantendrán limpias y protegidas.

El empuje para el enchufe coaxial de los diferentes tramos deberá ser controlado, pudiendo utilizarse gatos hidráulicos o mecánicos, palancas manuales y otros dispositivos, cuidando que, durante la fase de empuje, no se produzcan daños.

En las juntas soldadas, en alineación recta de los tubos, el solape o enchufe de las boquillas no será inferior a 50 mm. En alineaciones curvas se podrá formar un ángulo en la junta que permita un enchufe normal de los tubos y, como máximo, que permita una correcta soldadura sin necesidad de añadir elementos suplementarios para el cierre de la junta.

La soldadura se efectuará preferentemente por la parte interior, de forma que no quede ningún poro, para conseguir una perfecta estanqueidad.

Terminada la soldadura y comprobadas éstas, se ejecutarán los manguitos exteriores e interiores enrasados estos últimos con el hormigo de los tubos. Previamente a la ejecución de los manguitos se pintarán los hormigones de los tubos y la chapa de las boquillas con productos adherentes y en el mortero de los manguitos se adicionarán productos expansivos.

Las juntas y conexiones de todo tipo deberán ser realizadas de forma adecuada y por personal experimentado.

Cada tubo deberá centrarse perfectamente con los adyacentes, en el caso de zanjas con pendientes superiores al 10%, la tubería se colocará en sentido ascendente. En el caso de que, a juicio de la Administración, no sea posible colocarla en sentido ascendente, se tomarán las precauciones debidas para evitar el deslizamiento de los tubos.

Una vez montados los tubos y las piezas, se procederá a la sujeción y apoyo de los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación y, en general, todos aquellos elementos que estén sometidos a acciones que puedan originar desviaciones perjudiciales.

Estos apoyos o sujeciones serán de hormigo, establecidos sobre terrenos de resistencia suficiente y con el desarrollo preciso para evitar que puedan ser movidos por los esfuerzos soportados.

Para estas sujeciones y apoyos se prohíbe totalmente el empleo de cuñas de piedra o de madera que puedan desplazarse.

Serán preceptivas las dos pruebas siguientes de las tuberías instaladas en zanja:

a) Prueba de presión interior

A medida que avance el montaje de la tubería, se procederá a pruebas parciales de presión interna por tramos de longitud fijada por la Dirección de Obra.

Se empezará por rellenar lentamente de agua el tramo objeto de la prueba, dejando abiertos todos los elementos que puedan dar salida al aire, los cuales se irán cerrando después y sucesivamente de abajo



hacia arriba una vez que se haya comprobado que no existe aire en la conducción. A ser posible, se dará entrada al agua por la parte baja, con lo cual se facilita la expulsión del aire por la parte alta. Si esto no fuera posible, el llenado se hará aún más lentamente para evitar que quede aire en la tubería. En el punto más alto se colocará un grifo de purga para expulsión del aire y para comprobar que todo el interior del tramo se encuentra comunicado en la forma debida.

La bomba para la presión hidráulica podrá ser manual o mecánica, pero en este último caso deberá estar provista de llaves de descarga o elementos apropiados para poder regular el aumento de presión. Se colocará en el punto más bajo de la tubería que se va a ensayar y estará provista de dos manómetros, uno de los cuales será proporcionado por la Administración o previamente comprobado por la misma.

Los puntos extremos del tramo que se quiere probar se cerrarán convenientemente con piezas especiales que se apuntalarán para evitar deslizamiento de las mismas o fugas de agua, y que deben ser fácilmente desmontables para continuar el montaje de la tubería. Se comprobará que las llaves intermedias en el tramo en prueba, de existir, se encuentren abiertas. Los cambios de dirección, piezas especiales, etc., deberán estar anclados y sus fábricas con la resistencia debida.

La presión interior de prueba en zanjas de las tuberías será la que establezca la normativa técnica general para cada tipo de tuberías. La presión se hará subir lentamente de forma que el incremento de la misma no supere un  $\text{Kg/cm}^2$  y minuto.

Una vez obtenida la presión, se parará 30 minutos, y se considerará satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no acuse un descenso superior al establecido en cada caso. Si el descenso es superior al establecido, se corregirán los defectos observados, repasando las juntas que pierden agua, cambiando si es preciso algún tubo.

Las tuberías previamente a la prueba de presión se tendrán llenas de agua al menos 24 horas.

**b) Prueba de estanqueidad**

Después de haberse completado satisfactoriamente la prueba de presión interior deberá realizarse la prueba de estanqueidad.

La presión se define como la cantidad de agua que debe suministrarse al tramo de tubería en prueba mediante un bombín tarado, de forma que se mantenga la presión de prueba de estanqueidad después de haber llenado la tubería de agua y haberse expulsado el aire.

La duración de la prueba de estanqueidad será de dos horas, y la pérdida en este tiempo será inferior al valor dado por la fórmula:

$$V = K \times L \times D$$

En la cual:

V = Pérdida total en la prueba, en litros

L = Longitud del tramo objeto de la prueba, en metros

D = Diámetro interior, en metros

K = Coeficiente dependiente del material

De todas formas, cualesquiera que sean las pérdidas fijadas, si éstas son sobrepasadas, el Contratista a sus expensas reparará todas las juntas y tubos defectuosos; asimismo, viene obligado a reparar cualquier pérdida de agua apreciable aún cuando el total sea inferior al admisible.

El Contratista no cerrará las zanjas hasta que el Director de Obra dé su conformidad, no sólo con respecto a las pruebas, sino también en cuanto a la forma y disposición de cada uno de los anclajes necesarios en la red.

En el relleno de las zanjas se procederá a la comparación indicada en los planos, y se colocarán piezas especiales en los puntos que sean necesarias. Todas las piezas especiales que sean de acero irán protegidas frente a la corrosión.

Los manguitos de tubería metálicas que unen válvulas de mariposa dentro de las arquetas, tendrán el mismo tratamiento que estas piezas especiales.

### **9.3.2 TUBERÍAS AÉREAS**

El tendido de las tuberías se hará previéndolas del número necesario de soportes, anclajes, juntas de dilatación, etc., que asegure un funcionamiento sin vibraciones.

La flecha máxima admisible en el centro de los vanos entre apoyos será 1/1000 de la longitud entre soportes, medida con la tubería en funcionamiento.

No se colocarán en ningún caso tuberías al nivel del suelo ni a menos de 1,90 metros del piso en los sitios de paso, salvo en galerías donde, debidamente señalizadas se admitirá el cruce de tuberías cuya generatriz inferior distara del suelo una distancia mínima de 1,70 metros.

La distancia mínima de cualquier generatriz a la base o los paramentos, no bajará de 15 cm.

La disposición general de las tuberías debe permitir una operación y mantenimiento cómodos de cada máquina en particular y la instalación en general.

Las velocidades en las tuberías de agua, no deberán pasar de 1 m/seg por cada 25 mm de diámetro con un máximo de 2,4 m/seg.

### **9.3.3 PROTECCIÓN DE TUBERÍAS**

Para la protección anticorrosiva de las tuberías, se tendrán en cuenta los factores y recomendaciones indicados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales del M.O.P.U. para tuberías de abastecimiento de aguas.

### **9.3.4 VENTOSAS EN LAS TUBERÍAS**

Serán de doble cuerpo y triple función. Se colocarán en los puntos altos de la tubería adosadas a las válvulas de corte, del lado en que la tubería descienda.

### **9.3.5 CAUDALÍMETROS Y CONTADORES**

Para el montaje de estas instalaciones será preceptivo que cumplan las características que figuran en la correspondiente ficha técnica.

En los caudalímetros se considera incluida la instalación de un contador registrados y acumulador, alimentado por batería “in situ”.

### **9.3.6 VÁLVULAS DE RETENCIÓN**

Todas las válvulas de retención a instalar dispondrán de asiento blando y mecanismo de retardo (cierre lento). El cuerpo de las válvulas será de acero fundido y los órganos de cierre y ejes de acero inoxidable.

## **9.4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Todas las instalaciones eléctricas cumplirán la reglamentación oficial vigente y las normas de la compañía suministradora en el momento que se lleve a efecto el montaje. Para dicho montaje será preceptivo que obre en poder de la Dirección de Obra el Proyecto correspondiente autorizado por la Delegación de Industria y, en su caso, por la compañía suministradora de energía.

### **9.4.1 ALTA TENSIÓN**

Corresponde a la parte de la instalación comprendida entre el enganche con la línea de distribución de la compañía suministradora y la salida en baja tensión de los transformadores.

#### **9.4.1.1 .LÍNEA DE ALIMENTACIÓN**

Si las redes de distribución de la compañía suministradora lo permiten, se realizará doble alimentación independiente.

El tipo de línea, dependiendo también de las redes de distribución, será aérea o subterránea. La capacidad de la línea deberá ser la necesaria para alimentar todos los transformadores de potencia que se instalen en el centro de transformación.

En el final de línea se instalarán protecciones autovalvulares dotadas de seccionadores unipolares y puesta a tierra.

#### **9.4.1.2 CENTRO DE SECCIONAMIENTO**

Si se realiza doble alimentación, o bien, la compañía suministradora lo exige, se instalará un centro de seccionamiento. Estará ubicado y orientado de forma que tenga acceso directo desde la vía pública.

El edificio podrá ser de tipo convencional, o bien prefabricado a base de piezas de hormigo moldeado, vibrado y secado al vapor. En su interior se alojarán conjuntos prefabricados de aparamenta bajo envolvente metálica (cabinas).

La conexión entre la cabina de abonado de este centro y la entrada al centro de transformación, se realizará mediante cuatro (4) cables unipolares (uno de reserva equipado con conos deflectores) de aislamiento en seco alojados en tubos resistentes y enterrados a una profundidad mínima de 1,50 m.

#### **9.4.1.3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

Cuando la potencia máxima de consumo en la instalación sea inferior a cien (100) KVA, el centro de transformación será de tipo intemperie, mientras que para potencias iguales o superiores a cien (100) KVA, será de tipo interior. En este caso, el edificio podrá ser de tipo convencional o prefabricado. En el interior se alojarán conjuntos prefabricados de aparamenta (cabinas).

### Transformadores

Serán trifásicos, con devanados de cobre en baño de aceite, refrigeración natural, con válvula para vaciado y toma de muestras, bornas para puesta a tierra de la cuba y depósito de expansión de aceite con dos niveles.

La conexión será en triángulo en la parte de alta y en estrella en la parte de baja (Yznll hasta 100 y Dynll para potencias superiores a 100 KVA).

Si la tensión de la línea de distribución no coincide con las normalizadas por la reglamentación vigente, el primario del transformador será para doble tensión, con conmutador bajo tapa. Una de las tensiones será la de la línea de la compañía en el momento del montaje que nos ocupa y la otra la normalizada que adopte la compañía suministradora en el futuro.

La regulación de tensión será en alta tensión más/menos dos y medio por ciento ( $\pm 2,5\%$ ) o más/menos cinco por ciento ( $\pm 5\%$ ), mediante conmutador manual en vacío sobre tapa de 3 ó 5 posiciones respectivamente.

Dispondrá de cáncamos para facilitar el transporte, montaje y desmontaje, así como ruedas de transporte orientables en las dos direcciones principales del transformador. Tendrán desecador de aire.

Los transformadores de potencia igual o superior a cien (100) KVA serán dotados de aisladores testigos de presencia de tensión entre estos y su disyuntor de protección, para potencias superiores a cien (100) KVA, estarán provistos de termómetros de esfera con dos (2) contactos para alarmas y disparo. Los de potencia superior a cien (100) KVA llevarán relé Buchholz.

Se indicarán las características siguientes:

Potencia, tensión o tensiones primarias, tensión de cortocircuito, pérdidas en vacío, pérdidas totales en carga.

En el Proyecto de Construcción se incluirán además: calentamiento máximo en bobinas con temperatura ambiente de 40° C y las curvas de rendimiento.

#### Protección de los transformadores

En los centros de transformación tipo interior, los transformadores de más de 800 KVA se protegerán con un disyuntor en pequeño volumen de aceite o de exafloruro provisto de relés indirectos contra sobrecargas y cortocircuitos. Hasta 800 KVA llevará ruptofusible y relé térmico directo. Delante de cada disyuntor se instalará un seccionador, con enclavamientos entre ambos.

Se estudiará con atención el enclavamiento tanto eléctrico como mecanismo entre el disyuntor en alta tensión y el interruptor automático de baja tensión de cada uno de los transformadores, con el fin de impedir retornos al estar conectados en paralelo.

Los disyuntores podrán conectarse y desconectarse desde su emplazamiento y desde el cuadro general de distribución en baja tensión.

Los transformadores en intemperie se protegerán contra sobreintensidades y contra cortocircuitos mediante fusibles de alto poder de ruptura.

Todos los transformadores se protegerán contra los agentes atmosféricos mediante descargadores de sobretensión de acción autovalvular.

#### Suministro de corriente continua

Para el accionamiento eléctrico de los disyuntores y para los circuitos de maniobra de los equipos de alta tensión, se dispondrá un equipo de baterías de cadmio-níquel con capacidad mínima de veinte amperios por hora (20 A/h) y tensión de 110 voltios (110 V), corriente continua con dos (2) rectificadores, uno de reserva, dotados de aparatos de medida de tensión e intensidad en la parte de entrada y salida. Cuando el rectificador en servicio presente alguna anomalía, automáticamente se producirá la desconexión de ésta y la conexión del de reserva,

señalizándose dicha anomalía en el pupitre de control o cuadro de mando.

#### Instalación de puesta a tierra

Se ejecutará de acuerdo con la instrucción técnica complementaria MIE-EAT-13 del Reglamento de Alta Tensión y el Artículo 12, apartado 6 del Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión.

Se dejará preparada para poder unirla, en su día, si se estima conveniente, con la red general de tierras de baja tensión.

### **9.4.2 FUERZA EN BAJA TENSIÓN**

Comprende la parte de la instalación entre las bornas de baja tensión de los transformadores y los distintos elementos a accionar.

#### **9.4.2.1 CUADRO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL**

Se montará en una habitación contigua al centro de transformación. Estará formado por módulos contruidos con chapa plegada de acero laminado en frío y con los refuerzos necesarios para que pueda soportar los efectos electrodinámicos producidos por cortocircuitos. Cada módulo en su parte frontal tendrá una puerta de bisagra con cerradura dotada de tres (3) puntos de anclaje. La parte posterior se cerrará con una tapa desmontable mediante tornillos. El tratamiento previo de la chapa consistirá en un desengrasado alcalino seguido de fosfatado y pasivado con los lavados intermedios y secado final al horno. El pintado será a base de resina epoxi en polvo depositada electrolíticamente, con posterior secado al horno.

Las puertas dispondrán de un enclavamiento que impida el que puedan abrirse cuando haya tensión en la parte a que dan acceso. Dispondrán de cáncamos para facilitar el transporte y montaje.

El cuadro en su conjunto será estanco a posibles entradas de agua, disponiendo al mismo tiempo, de las aberturas necesarias para



mantener una ventilación natural adecuada. Las entradas y salidas de cables se acondicionarán con este fin.

Tendrán tantas entradas de alimentación como transformadores se instalen, dejando espacio libre suficiente para otro más, para cuando se monte un nuevo transformador.

Cada entrada dispondrá de un interruptor automático magnetotérmico IV extraíble, con capacidad para soportar los efectos de cortocircuitos, dotado de bobina toroidal y relé diferencial. Estará enclavado con el disyuntor del transformador correspondiente, de tal forma que cuando se dispara el disyuntor de alta tensión, lo haga automáticamente este interruptor automático de entrada al cuadro.

El embarrado, para tensión de trescientos ochenta/doscientos veinte voltios (380/220 V), estará constituido por pletinas de cobre capaces de soportar los efectos electrodinámicos de cortocircuito, siendo de la misma sección la barra de neutro que las de fase. Todas ellas estarán protegidas con una chapa aislante de PVC del color adecuado a cada una de las fases y neutro. Dispondrá de resistencias de calefacción reguladas mediante termostato.

El cuadro estará dotado de los elementos adecuados para su puesta a tierra. Cada salida dispondrá de un interruptor automático magnetotérmico con capacidad para soportar los efectos de cortocircuito.

En el frente del armario se instalarán los equipos de medida y señalización siguientes:

#### Aparatos de medida

Serán de hierro móvil y clase 1,5 según normas UNE 21318, preferentemente cuadrados, con marco fino y escala a noventa grados.

En los amperímetros se marcará con trazo rojo la intensidad nominal del circuito a que corresponden.

Los transformadores de intensidad serán de aislamiento clase B.

El número de aparatos será, como mínimo, de:

- Tres (3) amperímetros por cada circuito de entrada, con sus transformadores de intensidad correspondientes.
- Un (1) voltímetro, con su conmutador, conectado a la alimentación procedente de cada transformador.
- Un (1) voltímetro, con su conmutador, conectado a las barras del cuadro.

#### Señalización óptica luminosa

Cada circuito estará señalizando con un letrero de formica negra con escritura en blanco bien visible al menos desde 2 metros de distancia, en el que figure el número del circuito a que corresponde en los esquemas y el nombre del mismo.

En una parte destacada, se colocará un letrero de las mismas características en el que figure el nombre y número del cuadro según los esquemas eléctricos, siendo visible al menos desde una distancia de 5 metros. Todos los letreros se fijarán mediante remaches.

#### **9.4.2.2 CUADROS DE ALIMENTACIÓN Y MANDO DE MOTORES**

Estos cuadros son los que, alimentándose directamente del cuadro de distribución general, alojan toda la aparamenta necesaria para alimentar, controlar, señalizar, enviar y recibir señales para el mando, del grupo de motores sobre los que tienen influencia. Asimismo, alojan la aparamenta necesaria para alimentar otros cuadros auxiliares con los que está relacionado.

Los materiales a emplear y su tratamiento será el mismo especificado en el apartado anterior.

En cuadros convencionales se dejará como reserva el equivalente al 25% de la superficie utilizada. En el caso de C.C.M.M. este porcentaje se tendrá en cuenta tanto del total de cuerpos como cajones para circuitos de motores inferiores a 25 CV.

El circuito de alimentación estará dotado de un interruptor automático magnetotérmico IV con capacidad para soportar los efectos de

cortocircuito, dotado de relé diferencial con su transformador toroidal correspondiente.

El mando de todos los interruptores automáticos será accesible desde el exterior, sin que se precise abrir las puertas para conectarlos o desconectarlos.

Los pulsadores para la conexión y desconexión de los disyuntores de alta tensión, estarán dispuestos de tal forma, que sea prácticamente accionarlos de manera involuntaria.

El cableado se hará en dos (2) canalizaciones separadas, una para circuitos de fuerza de 380/220 V y otra para mando y señalización a 24 V, siendo de distinto color las correspondientes a circuitos de mando y señalización.

Todos los elementos del cuadro se marcarán de forma permanente con las referencias que les corresponda en los esquemas eléctricos.

El embarrado general, con la misma sección de cobre en la barra de neutro que para cada una de las tres (3) fases, cubiertas todas ellas de aislamiento de PVC del color correspondiente, se dispondrá horizontalmente en la parte superior, y será capaz de soportar los efectos electrodinámicos de cortocircuito.

El embarrado para la puesta a tierra, tanto del propio cuadro como de todos los receptores que alimente, se dispondrá horizontalmente en la parte inferior.

Las salidas para alimentación a cuadros auxiliares, se protegerán con interruptores automáticos magnetotérmicos IV con capacidad para soportar efectos de cortocircuito.

Cada circuito de salida de fuerza para motores, estará compuesto por interruptor magnético, relé diferencial, contactor, si solamente es necesario un sentido de giro, o contactor-inversor si el receptor tiene que girar en dos sentidos, y relé térmico de protección.

En los circuitos para motores de potencia igual o superior a 25 CV, el contactor se sustituirá por un arrancador estrella-triángulo, anteponiendo a éste un inversor si el motor tiene que girar en los dos sentidos.

Los circuitos para motores de potencia entre 25 y 75 CV, ambas inclusive, llevarán protección para sobrecarga, fallo de fase y asimetría, y térmica a través de termistancias CTP.

Los motores con potencia igual o superior a 100 CV, se protegerán contra sobrecarga, fallo de fase, defectos a tierra, bloqueo, inversión de fases, subcarga, temperatura en cojinetes y térmica a través de termistancias CTP.

Los circuitos de mando se realizarán a tensión de 24 V corriente alterna, mediante transformadores de circuitos separados, protegidos mediante interruptores automáticos. Con el fin de evitar caídas de tensión, las bobinas de los contactores serán alimentadas a 220 V, a través de relés auxiliares situados en el circuito de mando a 24 V. Tanto los circuitos a 220 V como los de 24 V, serán protegidos con interruptores magnetotérmicos.

En el frente de los cuadros se instalarán los siguientes aparatos de medida y señalización:

#### Aparatos de medida eléctricos

Los aparatos de medida y transformadores de intensidad serán de las mismas características que las indicadas en el apartado anterior para el cuadro de distribución general.

El número de aparatos será como mínimo:

- Tres (3) amperímetros en el circuito de alimentación, con sus transformadores de intensidad.
- Un (1) amperímetro y transformador de intensidad para salidas a motores de potencia igual o superior a 25 CV. La escala del amperímetro llevará un trazo rojo correspondiente a la intensidad del motor y su graduación será  $0 \dots n/2n$ , siendo "n" la intensidad primaria del transformador de intensidad.
- Un (1) voltímetro, con conmutador, conectado a las barras generales.

### Aparatos de medida mecánica

Los circuitos para motores con potencia igual o superior a 25 CV, dispondrán de cincuenta horas de funcionamiento.

### Señalización luminosa

Se realizará a 24 V corriente alterna, mediante transformadores de circuito separado.

Posición de cerrado para cada interruptor automatismo de entrada o salida.

Posición de cerrado para cada contacto final que conecte un receptor. En el caso de tener doble sentido de giro, también será doble la señalización.

Se instalará el suficiente número de pulsadores de prueba de lámparas para comprobar con comodidad el funcionamiento de las mismas.

### Señalización escrita

Se seguirá el mismo criterio que el indicado al respecto en el apartado 9.4.2.1.

### **9.4.2.3 CUADRO AUXILIARES**

Solamente se montarán cuadros auxiliares para aquellos grupos de equipos que por sus características específicas lo requieran, como puentes-grúa, etc.

Estos cuadros serán de tipo convencional, siguiendo el mismo criterio en cuanto a materiales, construcción y disposición que para el resto de los cuadros cuando vayan montados dentro de un edificio, pero serán estancos con doble puerta, protección IP-56, cuando su emplazamiento sea a la intemperie.

#### **9.4.2.4 PUPITRE DE CONTROL**

En el caso de que la instalación lleve pupitre de control se seguirá la siguiente norma:

Se montará en la sala de control y a la distancia adecuada para que pueda verse este en su totalidad de forma cómoda.

El material a utilizar y su tratamiento será el mismo que el indicado para el cuadro de distribución general.

En él se instalarán como mínimo, aparatos de medida de funcionamiento y registro de los elementos clave del proceso panel de alarma, etc.

#### **9.4.2.4 LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN, DISTRIBUCIÓN, MANDO Y SEÑALIZACIÓN**

Comprende las líneas de alimentación desde bornas de baja de los transformadores al cuadro de distribución general, desde éste a los cuadros de alumbrado y de control de motores, desde éstos a los cuadros auxiliares, cuadro de alumbrado exterior y a los distintos receptores. Forman parte de estas líneas también las correspondientes a circuitos de mando y señalización.

Todos los conductores serán de cobre con aislamiento en seco de polietileno reticulado para fuerza y PVC para mando y señalización, y corresponderán a la designación de las normas UNE RV 0,6/1 KV y VV 0,6/1 KV, respectivamente.

Serán de una sola pieza, no permitiéndose empalme alguno.

Sus extremos estarán dotados de los terminales adecuados, así como de su identificación de forma permanente de acuerdo con los esquemas.

Además de las secciones mínimas fijadas por la reglamentación urgente en el momento de realizarse la instalación, se establecen las siguientes:

- Para fuerza, dos y medio milímetros cuadrados ( $2,5 \text{ mm}^2$ ).
- Para maniobra y señalización, dos milímetros y medio cuadrados ( $2,5 \text{ mm}^2$ ) en el caso de utilizar cables unipolares y de uno y

medio milímetros cuadrados ( $1,5 \text{ mm}^2$ ) si se utilizan cables multipolares.

- Si la intensidad de corriente que circulase por algún tramo concreto de la instalación fuese muy elevada, puede estudiarse la sustitución de cables por barras de cobre debidamente blindadas.

El tendido de cables, según la parte de la instalación a que pertenezcan, podrá realizarse de forma subterránea, sobre bandejas o bajo tubo.

Siempre que sea posible, las canalizaciones eléctricas se llevarán por galerías de inspección y vigilancia sobre bandejas perforadas de acero laminado en frío y galvanizadas en caliente, colocadas en la parte más alta de ésta y a unos 30 cm por debajo de la losa de cierre.

Dentro de los edificios se canalizarán sobre bandejas de acero laminado en frío y galvanizadas en caliente o de PVC rígido, preferentemente grapadas sobre la pared mediante las palomillas correspondientes y las ramificaciones desde éstas hasta los receptores en tubos del mismo material que las bandejas. Las canalizaciones que hayan de efectuarse en el exterior podrán ser aéreas o subterráneas. Las aéreas serán bandejas perforadas con tapa de acero laminado en frío o galvanizadas en caliente, o bien mediante tubo del mismo material. Las subterráneas serán entubadas, y durante el montaje se dejará metida guía para el posterior pase de cables. Se construirá el suficiente número de arquetas para que puedan sustituirse cables con comodidad. El número de capas será de tres (3) en los tendidos subterráneos y de dos (2) sobre bandeja.

Los circuitos de fuerza a 380/220 V y los de mando y señalización a 24 V, se llevarán por canalizaciones separadas por tensiones.

#### **9.4.2.5 MOTORES**

Las características serán, en general, las siguientes:

- Tipo jaula de ardilla.

- Tensión: 380/220 V, para los motores inferiores a 25 CV y 660/380 V, para los de potencia igual o superior a 25 CV.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Aislamiento: Clase F.
- Ambiente: Exterior, temperatura ambiente de 40° C.
- Carcasa y ventilador: Provistos de pintura anticorrosiva.
- Protección: Completamente cerrados, clase IP-55, a excepción de los situados en zonas de las plantas en que pueden existir gases explosivos, en que deberá cumplirse las exigencias de la instrucción MI-BT-026.
- Arranque: Directo o estrella-triángulo.

Los motores con potencia superior a 100 CV, llevarán elementos de calefacción que se conectarán y desconectarán automáticamente al pararse y arrancar el motor. Asimismo, llevarán elementos para la medida con dispositivos de alarma por máxima de la temperatura de los rodamientos.

Se colocarán termistancias CTP para aquellos motores cuya potencia sea igual o superior a 25 CV.

Los motores con posición de montaje IM-1011, IM-3011, IM-3611, IM-2011 y IM-2111, instalados en el exterior, deberán estar provistos con doble protector de entrada de aire del ventilador o caperuza para evitar inundación.

#### **9.4.3 MANDO EN BAJA TENSIÓN**

El mando se realizará de acuerdo con lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.



#### **9.4.4 SEÑALIZACIÓN EN BAJA TENSIÓN**

Independientemente de las señales indicadas anteriormente para los cuadros, se dotará a la instalación de las señales que se indiquen, a tensión de 24 V corriente alterna.

#### **9.4.5 ALUMBRADO EXTERIOR**

Se establece el siguiente nivel mínimo de iluminación:

- Viales: Iluminación media 20 lux  
Uniformidad media 35%
- Zonas de equipos: Iluminación media 50 lux  
Uniformidad media 50%

Se corregirá el factor de potencia, bien de forma centralizada o por puntos independientes.

##### **9.4.5.1 CUADRO**

El cuadro será de tipo prefabricado de primera calidad a base de acero laminado y con puerta que pueda montarse a ambas manos. En su interior alojará, como mínimo:

- Un (1) interruptor automatismo magnetotérmico IV con relé diferencial de treinta miliamperios de sensibilidad con su bobina toroidal correspondiente.
- Un (1) interruptor automatismo magnetotérmico II por cada circuito.
- Un (1) contactor por cada circuito.
- Dispositivo de célula fotoeléctrica.
- Un (1) reloj astronómico con contactor de encendido y apagado regulables.

El cuadro podrá realizarse de una de las formas siguientes:

- Encendido y apagado manual.
- Encendido y apagado por célula fotoeléctrica.
- Encendido y apagado por reloj astronómico.
- Encendido de todos los circuitos por célula fotoeléctrica y apagado de la mitad por reloj astronómico.

El circuito de maniobra será a tensión de 24 V corriente alterna. Toda la aparamenta se marcará de forma permanente de acuerdo con los esquemas.

#### **9.4.5.2 PUNTO DE LUZ**

Cada punto de luz estará formado por un (1) báculo o columna de altura mínima de seis metros (6 m) sobre e cual se montará una (1) luminaria dotada de lámpara de vapor de sodio de alta presión.

El equipo de encendido se montará sobre la columna o báculo, en lugar fácilmente accesible y protegido contra los agentes atmosféricos.

Cada báculo o columna, se conectará a la red general de tierras o se le dotará de pica independiente, según los casos.

#### **9.4.5.3 CIRCUITO**

El número mínimo de circuito será dos con el fin de tener alumbrado de “noche” y “media noche”, procurando, siempre que sea posible, hacer circuitos cerrados en forma de anillo.

#### **9.4.5.4 ALUMBRADO ANTIDEFLAGRANTE**

En las zonas donde puedan producirse atmósferas explosivas, la instalación se realizará de acuerdo con la Instrucción MI-BT-026 para locales o zonas calificados como clase I, División I, del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

#### **9.4.6 ALUMBRADO DE EDIFICIOS**

En cada edificio se montará un cuadro prefabricado a base de acero laminado y con puerta que pueda montarse a ambas manos y que, como mínimo, alojará:

- Dos (2) interruptores automáticos diferenciales de sensibilidad de treinta miliamperios, uno de ellos para circuito de fuerza y el otro para alumbrado.

Tantos interruptores automáticos magnetotérmicos, como circuito de fuerza y alumbrados sean necesarios. El factor de potencia será corregido de forma centralizada o independientemente en cada punto de alumbrado.

##### **9.4.6.1 EDIFICIO DE CONTROL**

El nivel mínimo de iluminación será de 600 lux. La instalación será empotrada, bajo tubo corrugado y cajas de PVC. El cable a emplear cumplirá la designación VV 0,6/1 KV de las normas UNE.

##### **9.4.6.2 EDIFICIOS INDUSTRIALES**

Nivel mínimo de iluminación 200 lux. La instalación será al aire bajo tubo y cajas de PVC rígido. El cable a utilizar cumplirá la designación VV 0,6/1 KV de las normas UNE.

##### **9.4.6.3 EDIFICIOS CON POSIBILIDAD DE PRESENCIA DE GASES**

El cuadro se montará en una zona del edificio en la que no pueda haber presencia de gases, será del tipo antideflagrante mediante tubo de acero estirado y cumplirá la Instrucción MI-BT-026 para locales calificados como de clase I, División 1 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

El cable a utilizar responderá a la designación VV 0,6/1 KV de las normas UNE.

#### **9.4.7 INSTALACIÓN GENERAL DE TIERRAS**

Independientemente de las tomas de tierra del centro de transformación se instalará una red general de tierras, que cumpla las condiciones fijadas en el R.E.B.T.

A ella se conectarán todas las masas de los elementos que componen la instalación. Se dejará preparada para poderla conectar el día de mañana si se considera conveniente a las tierras del centro de transformación.

#### **9.4.8 GRUPOS PRODUCTORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Si se establece la necesidad de instalación de grupo electrógeno de emergencia y/o grupos de producción de energía, se detallará en la oferta indicando tipo y características técnicas necesarias para su definición y acoplamiento eléctrico a la red interior de la instalación.

##### **9.4.8.1 ALTERNADORES**

Serán del tipo totalmente cerrados, refrigerados por aire, trifásicos, para 380 V de tensión de servicio, conectados en estrella, 50 Hz y excitación del tipo sin escobillas.

##### **9.4.8.2 PROTECCIONES**

Los alternadores llevarán protección contra sobreintensidad, diferencial, potencia inversa, pérdida de campo inductor y defectos a tierra.

## 9.5 CONTROL DE PROCESO

Se proyectará y colocará una instrumentación de medida, protección y regulación adecuada para el funcionamiento correcto y seguro de las instalaciones. Esta instrumentación se colocará localmente en los diferentes equipos y remotamente en la sala de control. El trazado de los paneles de la sala de control y la disposición de los diversos instrumentos quedará sometido a la aprobación de la Administración. Todos los instrumentos serán de tipo robusto, con tapas a prueba de polvo y humedad. Los transmisores de presión diferencial estarán dotados de válvulas de aislamiento del proceso.

### 9.5.1 SALA DE CONTROL

- a) Esta sala deberá prepararse para las funciones siguientes:
- b) Comprobación de la marcha normal de la instalación con la ayuda de diversos instrumentos, tales como indicadores y registradores de temperatura, presión, conductividad, caudal, voltaje, intensidad, potencia, etc.
- c) Señalización de las discrepancias con las condiciones normales de marcha por medio de alarmas acústicas y ópticas.
- d) Mando remoto de las válvulas de regulación por medio de dispositivos manuales o automáticos.
- e) Arranque y parada de todos los motores eléctricos, excepto los que dependan de cuadros auxiliares.
- f) Señalización de la marcha de motores y alarmas de parada de dichos motores.

El panel de control contará con los instrumentos necesarios para el cumplimiento de sus funciones, y en su parte superior llevará un diagrama sinóptico del proceso, en el que se indique la posición de todos los instrumentos de medida, etc. En los cuadros para alarmas se dispondrá de un 10% de reserva. El panel estará construido en chapa de acero y su acceso por la parte posterior estará cerrado mediante puerta con llave.

### 9.5.2 INSTRUMENTACIÓN

La instrumentación será suficiente para el control de todos los lazos de medida, registro, regulación y alarmas, con arreglo a los criterios siguientes:

a) Lazos de medida:

- Parámetro a medir y lugar de medición.
- Elemento captador: si la indicación es local, en panel local; remota, en cuadro de control o simultánea en cualquiera de las posibles combinaciones de posibilidades.
- Forma de transmisión de la señal y los elementos convertidores de la misma.
- Alarmas visuales y sonoras.

b) Si la medida debe registrarse:

- Lo indicado en a).
- Tipo de registro y situación del aparato registrador.

c) Si la medida debe ser integrada:

- Lo indicado en a).
- Tipo de integrador y su situación.

d) Si la medida debe producir acciones en elementos de la instalación tendentes a corregir las desviaciones en los valores del parámetro detectadas por el lazo de medida:

- Lo indicado en a).
- Tipo de regulador, situación y elemento o elementos de la instalación sobre los que actúa.

### 9.6 OTRAS INSTALACIONES

Se ajustarán a las prescripciones, especificaciones y normativas expuestas en el Cuadro de Especificaciones de cada uno de ellos reflejado en el presente proyecto.



# ***PRESUPUESTO***





## ÍNDICE

	PÁGINA
PRESUPUESTO ESTIMADO DE OBRA CIVIL .....	446
PRESUPUESTO ESTIMADO DE EQUIPOS ELECTRO-MECÁNICOS .....	447
PRESUPUESTO ESTIMADO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	448
REDACCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN .....	448
PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN MATERIAL .....	448
PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN .....	449



PRESUPUESTO ESTIMADO DE OBRA CIVIL	€
Movimiento general de tierras	156.000
Obra de llegada	65.500
Canales de desbaste	29.000
Canales desarenadores-desengrasadores	60.000
Edificio de pretratamiento	220.000
Decantación Primaria	222.000
Reactor biológico	650.000
Decantación secundaria	300.000
Bombeo de recirculación de fangos y flotantes	19.800
Tratamiento terciario	202.500
Cámaras de coagulación y floculación	51.700
Decantadores lamelares	116.000
Filtros terciarios	79.000
Edificio de filtración-desinfección	105.000
Arqueta de vertido	22.000
Espesadores	115.000
Sala de soplantes y deshidratación de fangos	122.000
Tolva de fangos	9.800
Bascula	4.891
Edificio de control	200.000
Red de conducciones de agua	225.000
Red de conducciones de fangos y flotantes	66.000
Red de drenajes y vaciados	32.000
Urbanización: viales y aceras	110.000
Jardinería y cerramiento	125.500
Camino de acceso	14.500
Redes de MT, BT y alumbrado exterior	51.000
Instalaciones complementarias	100.000
Ensayos de obra civil, geotecnia	40.000
Compatibilidad con explotación	85.000
Tuberías de conexión a vertido	95.000

**TOTAL      3.694.191 €**

<b>PRESUPUESTO ESTIMADO DE EQUIPOS MECÁNICOS</b>	<b>€</b>
Obra de llegada y predesbaste	18.800
Bombeo de agua bruta	118.000
Pretratamiento	202.500
Decantador Primario	93.500
Reactor biológico	415.000
Decantación secundaria	96.800
Cámaras de coagulación y floculación	32.200
Decantación lamelar	102.000
Filtración por gravedad	200.500
Desinfección mediante rayos u.v.	220.000
Desinfección con cloro	52.000
Recirculación y bombeo de fangos	155.900
Espesamiento de fangos por gravedad	95.000
Deshidratación de fangos	240.000
Eliminación de olores por vía química	104.000
Instalación eléctrica	500.000
Supervisión y control de la E.D.A.R.	160.600
Instrumentación	50.000
Bombeo de vaciados y sobrenadantes	7.500
Servicios auxiliares	20.000
Taller, laboratorio, repuestos y elementos de seguridad	60.500
Grupo electrógeno de la E.D.A.R.	45.000
Bascula de pesaje	12.000
<b>TOTAL</b>	<b>3.001.800 €</b>

<b>PRESUPUESTO ESTIMADO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>€</b>
Protecciones individuales	10.000
Protecciones colectivas	18.200
Extinción de incendios	1.200
Medicina preventiva y primeros auxilios	7.200
Formación y reuniones de obligado cumplimiento	8.200
Instalaciones provisionales de obra	35.000
<b>TOTAL</b>	<b>79.800 €</b>

<b>REDACCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>€</b>
Redacción del Proyecto de Construcción	40.000
<b>TOTAL</b>	<b>40.000 €</b>

	<b>PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>€</b>
1.	OBRA CIVIL	3.694.191
2.	EQUIPOS MECANICOS	3.001.800
3.	SEGURIDAD Y SALUD	79.800
4.	REDACCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN	40.000
	<b>TOTAL</b>	<b>6.815.791 €</b>

ASCIENDE EL PRESENTE PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL A LA  
EXPRESADA CANTIDAD DE:

**SEIS MILLONES OCHOCIENTOS QUINCE MIL SETECIENTOS NOVENTA Y UN EUROS  
(6.815.791 € )**

PRESUPUESTO GENERAL DE EJECUCIÓN	€
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCION MATERIAL	6.815.791 €
17% Gastos Generales	1.158.684 €
6% Beneficio industrial	408.947,5 €
SUMA	8.383.422,5 €
18 % I.V.A.	1.509.016 €

TOTAL 9.892.438 €

ASCIENDE EL PRESENTE PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL  
EXPRESADA CANTIDAD DE:

**NUEVE MILLONES OCHOCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL CUATROCIENTOS  
TREINTA Y OCHO EUROS (9.892.438 €)**

# ***BIBLIOGRAFÍA***





- CATALÁN LAFUENTE, J.: “Depuradoras “Bases Científicas”.
- CARBAJO DOMINGUEZ, C.: “Master Profesional en Ingeniería y Gestión y Medioambiental”.
- Cerem: “Gestión Integrada (Calidad, Medioambiente y P.R.L)”.
- Degremont: “Manual Técnico del agua”.
- GOMEZ LIARTE, L. (2008): “Estudio y Diseño de una Estación Depuradora de Aguas (E.D.A.R.) para una población de 40.000 habitantes equivalentes”.
- HERNÁNDEZ MUÑOZ, A.: “Depuración de aguas residuales”.
- HERNÁNDEZ MUÑOZ, A.: “Depuración y desinfección de aguas residuales”.
- Información de las E.D.A.R. de Ceutí.
- Información de las E.D.A.R. de Mula.
- Manual Cadagua. San Pedro del Pinatar.
- MERCAL & HEIDI.: “Ingeniería de aguas residuales, tratamiento y reutilización”.
- PÜRSCHEL, W.: “ El tratamiento de las aguas residuales domésticas”.
- RAMALHO, R.S.: “Tratamiento de aguas residuales”.
- SAINZ SASTRE, J.A.: “Tecnologías para la sostenibilidad. Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales”.
- SAINZ SASTRE, J.A.: “Diseño de una E.D.A.R”.
- SAINZ SASTRE, J.A.: “Módulo Contaminación de las Aguas”.

- SOBRADOS BERNAROS,L.(2007): “Producción y Espesamientos de los Fangos. Sistemas de espesamiento”.
- TERENCE,J.Mc.: “Abastecimiento de aguas y alcantarillado”.
- WRIGHT H.B.& CAIRNS W.L.: “Desinfección de agua por medio de luz ultravioleta”.
- <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3373/5/31141-5.pdf>
- <http://www.stamfordscientific.es/>
- [http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/lechos\\_bacterianos.pdf](http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/lechos_bacterianos.pdf)
- [http://prueba2.aguapedia.org/master/ponencias/pdf/lodos\\_d.pdf](http://prueba2.aguapedia.org/master/ponencias/pdf/lodos_d.pdf)
- [http://www.miliarium.com/Proyectos/depuradoras/proyectos/tipo/anejosmemoria/LECHOS\\_BACTERIANOS.htm](http://www.miliarium.com/Proyectos/depuradoras/proyectos/tipo/anejosmemoria/LECHOS_BACTERIANOS.htm)
- [www.itp-depuracion.com/documentacion/magazine/ColladoLara1.pdf](http://www.itp-depuracion.com/documentacion/magazine/ColladoLara1.pdf)
- [www.construnario.com](http://www.construnario.com)
- [www.catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/.../capitulo7.pdf](http://www.catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/.../capitulo7.pdf)

