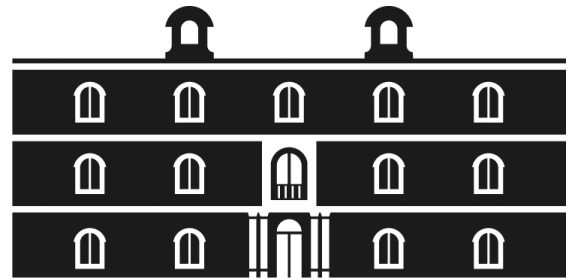




Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales

etsii UPCT

ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Titulación: ITI Mecánica

Alumno/a: María Gyomar González
González

Director/a/s: José M^a Moreno Grau

Antonio José Martínez
García

Cartagena, Junio de 2012

*A mis padres, por su apoyo y comprensión
a lo largo de toda mi existencia.*

INDICE GENERAL

	PÁGINAS
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.	1-33
CAPÍTULO II. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.	34-45
CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.	46-159
CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.	160-265
CAPÍTULO V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.	266-305
CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.	306-334
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS DOCUMENTALES.	335-337
ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.	338-423
ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.	424-434
ANEXO III. LEGISLACIÓN.	435-437
NOTAS Y FE DE ERRATAS.	437

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN



INDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

	PÁGINA
I.1. AGUAS RESIDUALES: DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN.....	1
I.2. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS.....	3
2.1. Parámetros de contaminación.....	3
2.2. Efectos y consecuencias.....	8
I.3. CONCEPTO DE E.D.A.R. ASPECTOS BÁSICOS Y CLASIFICACIÓN.....	9
I.4. TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN. CLASIFICACIÓN.....	12
4.1. Según el medio de eliminación de los contaminantes.....	12
4.2. Según la fase de depuración.....	13
4.3. Según el coste de la explotación y tecnología empleada.....	14
I.5. PROCESOS DE LA DEPURACIÓN SEGÚN MEDIO DE ELIMINACIÓN.....	15
5.1. Procesos físicos.....	15
5.2. Procesos químicos.....	15
5.3. Procesos biológicos.....	16
I.6. FASES DE LA DEPURACIÓN.....	17
6.1 Línea de agua.....	18
6.1.1. Obra de llegada y Pretratamiento	
6.1.2. Tratamiento primario	
6.1.3. Tratamiento secundario o biológico	
6.1.4. Tratamiento terciario, avanzado o de afino	
6.2. Línea de fangos.....	21



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

6.2.1. Espesamiento	
6.2.2. Estabilización o digestión	
6.2.3. Deshidratación o secado	
6.3. Esquema secuencial de una depuración convencional.....	22
I.7. REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	23
7.1. Reutilización y salud pública.....	28
I.8. POSIBLES TRATAMIENTOS DE AGUA RESIDUAL.....	29
8.1. Línea de agua.....	29
8.2. Línea de fango.....	31
I.9. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE	
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	32



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

I.1. 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:

- **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.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

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.).

- **Aguas Negras o Urbanas**

Engloba las aguas procedentes de los vertidos de la actividad humana doméstica, actividades comerciales, industriales y agrarias, incluyendo las aguas de drenaje y escorrentía.

Entre los compuestos químicos presentes en esta agua podemos encontrar: urea, albúmina, proteínas, ácido acético, bases jabonosas, almidones, aceites de origen animal, vegetal y mineral, hidrocarburos, gases (sulfhídrico, metano, etc.), sales (bicarbonatos, sulfatos, fosfatos, nitritos, nitratos, etc.) así como microorganismos y restos vegetales y animales.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

- Aguas Industriales

Son las aguas procedentes de actividades relacionadas con la industria (preparación de materias primas, elaboración y acabado de productos, así como la transmisión de calor y frío).

Además de los componentes característicos de las aguas urbanas, pueden aparecer en los vertidos de aguas industriales las sustancias propias de cada actividad industrial (tóxicos, iones metálicos, productos químicos, detergentes, hidrocarburos, productos radiactivos, etc.). La gran variedad y cantidad de compuestos vertidos por este tipo de actividad, obliga a una investigación propia para cada tipo de industria, pues no existe similitud alguna entre los vertidos procedentes de industrias de alimentación, química, agrícola, metalúrgica, etc.

- 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.

Los residuos de origen agropecuario requieren estudios específicos para su tratamiento.

I.2. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS.

2.1. 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 módulo nos vamos a centrar en los parámetros que caracterizan las aguas residuales urbanas.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

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 a 5 días consumen los microorganismos 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 peso o por su estado coloidal.

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,



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

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*, 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.

En cuanto a los organismos macroscópicos, que 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



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

en la mortalidad de la vida acuática. Por otro lado, temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a la proliferación de plantas acuáticas y hongos.

- 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.

- 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.



- **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.

- **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.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

- 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.

2.2. Efectos y consecuencias.

Por lo general podemos 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.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

- 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).

I.3. 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



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

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

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.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

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, DBO₅, DQO, 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.



I.4. TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN. CLASIFICACIÓN.

Para analizar la situación de la depuración de aguas residuales, conocidas las necesidades y los objetivos a cubrir, es necesario conocer los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales que existen, con el fin de poder elegir en cada caso la alternativa que mejor se adapte a esas necesidades. Los diferentes sistemas usados en el tratamiento de las aguas residuales, se pueden clasificar según los criterios siguientes:

4.1. Según el 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, centrifugas, 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 estos 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.



4.2. 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, sólo 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, está 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.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

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.

4.3. Según el coste de la explotación y 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. Son procesos de poca inercia, por lo que cualquier problema se manifiesta de forma inmediata en los resultados. Se caracterizan por: requieren mano de obra especializada, tienen altos costes de explotación, baja integración en el medio rural, obtiene buenos resultados en depuración y se adaptan media-baja a reutilización.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

En éste grupo pueden citarse: procesos físico-químicos y fangos activos incluyendo el tratamiento convencional de fangos.

I.5. PROCESOS DE LA DEPURACIÓN SEGÚN 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:

5.1. Procesos físicos.

- Desbaste por rejillas, tamices o filtración mecánica:
- Desarenado: para eliminar partículas discretas
- Desengrasado. Su misión es 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,...

5.2. 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



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

- Intercambio iónico, para eliminación de cobre, zinc, plomo...

5.3. Procesos biológicos.

Se busca en ellos una doble acción:

- Metabólica
- Floculación de las partículas en suspensión.

Los procesos convencionales son los fangos activos y lechos bacterianos.

Se puede incluir la siguiente clasificación:

- **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 él): 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.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

- 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 (biodiscos, biorrotadores, biocilindros)
- **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.

I.6. FASES DE LA DEPURACIÓN.

Los tratamientos presentes en las E.D.A.R. convencionales se clasifican en los que se encuentran en la línea de tratamiento del agua y los que se encuentran en la línea de los fangos o lodos generados.



6.1. Línea de agua.

6.1.1. Obra de llegada y Pretratamiento.

Las aguas residuales provenientes de la ciudad llegan cada día a la depuradora a través del colector de entrada. Normalmente se instala un aliviadero para el caso en que el caudal de agua supere el máximo diseñado para la depuradora.

El pretratamiento pretende contener las avalanchas de excesos de caudal de agua, que se producen en las poblaciones que no cuentan con red separada de pluviales, permitiendo aceptar hasta un caudal máximo de diseño, el exceso saldrá por el aliviadero general.

El resto de instalaciones pretenden eliminar del agua residual componentes que son añadidos, inapropiadamente, al agua residual en la red de saneamiento y en los puntos de inspección, sumideros y aliviaderos.

Se efectúa en dos etapas principales claramente diferenciadas:

- En una primera etapa de desbaste se eliminan primero los sólidos pesados y de mayor tamaño por medio de un pozo de gruesos y una cuchara anfibia. Después las rejillas de gruesos eliminan los sólidos grandes flotantes. Y posteriormente las rejillas de finos, retienen los sólidos flotantes mayores de 10 mm, que son evacuados a un contenedor por medio de una cinta transportadora. Estos sólidos van a parar al tratamiento de basuras (basureros). Pueden emplearse tamices en lugar de rejillas.
- La segunda etapa del pretratamiento se realiza en los desarenadores-desengrasadores, donde gracias al aire aportado por varias soplantes a través de unos difusores, flotarán las grasas y aceites que son recogidos por las rasquetas a un pozo desde el cual se bombea a un contenedor. Al mismo tiempo, la arena desprovista casi en su totalidad de materia orgánica sedimentará y será evacuada a través de bombas al clasificador de arenas y posteriormente, a un contenedor.

La elevación será necesaria en el caso de que la cota de llegada del emisario sea insuficiente para la cota de la depuradora. Si los caudales son muy dispares puede instalarse una balsa de homogeneización para igualar los caudales que vamos a meter en la instalación.

Por tanto sus objetivos son:



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

- El desbaste o eliminación de sólidos de gran tamaño que podrían provocar un mal funcionamiento de los equipos utilizados en las siguientes fases.
- El desarenado y desengrasado, que evita que las arenas, grasas y otros sólidos erosionen los equipos de bombeo, obturen las tuberías y se acumulen en otros depósitos posteriores.
- La homogeneización para uniformar caudales y características de las aguas, consiguiéndose una mejoría en los posteriores tratamientos.

6.1.2. Tratamiento primario.

En el tratamiento primario se pretende eliminar la materia en suspensión sedimentable, para lo cual se emplean decantadores donde sedimenta, por acción de la gravedad, una buena parte de la contaminación. Se consigue también la eliminación de espumas y elementos flotantes.

Con el tratamiento primario se elimina aproximadamente un 65% del total de los sólidos en suspensión. No es recomendable ni sanitaria ni ecológicamente verter o reutilizar el agua producto de un tratamiento primario.

Estos decantadores pueden ser o rectangulares o circulares. Cada decantador circular posee un vertedero perimetral, con deflector para retener flotantes y un puente radial de accionamiento periférico, que recoge y conduce los fangos sedimentados hacia una arqueta de donde se realizan las purgas de los mismos. Del mismo modo, los flotantes son arrastrados hacia una pequeña tolva donde pasan a otra arqueta para ser evacuados por medio de bombas sumergibles.

Si este proceso lo potenciamos con reactivos hablamos de tratamiento físico-químico. Habitualmente este tratamiento físico-químico se divide en dos etapas: en la primera, se produce la coagulación del agua en los tanques de mezcla rápida y en la segunda se produce la floculación en los tanques del mismo nombre. Los tanques de mezcla están provistos de electroagitadores para conseguir la mezcla del agua a depurar con los reactivos dosificados. En los tanques de floculación, hay también electroagitadores, pero éstos giran mucho más lento para conseguir que los microflóculos se encuentren y se agreguen sin romperse. Una vez



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

conseguida la floculación mejora la sedimentación ya que parte de los sólidos coloidales y disueltos pasan a ser sólidos en suspensión sedimentables.

Si bien no todas las E.D.A.R. cuentan con tratamiento físico-químico previo a la decantación primaria, si es habitual que cualquier instalación de más de 10.000 habitantes equivalentes posea decantadores primarios.

6.1.3. Tratamiento secundario o biológico.

El tratamiento biológico persigue la transformación de la materia orgánica disuelta en sólidos sedimentables que se retiran fácilmente del proceso (adicionalmente se consigue el atrapamiento de sólidos coloidales y en suspensión). Por tanto su objetivo fundamental es la eliminación de la materia orgánica biodegradable.

Si bien todos los tratamientos biológicos consiguen disminuir la DBO_5 , solamente se consigue eliminar nitrógeno y fósforo si se diseña el proceso para ello (tratamiento terciario).

En el caso de fangos activos, el tratamiento biológico se realiza en los reactores biológicos. Éstos pueden presentar apariencias muy diversas (circulares, rectangulares, canales...). Para conseguir que entre oxígeno para los microorganismos, y producir la necesaria agitación suele haber electroagitadores superficiales o inyección de aire que sale por domos cerámicos, como en este caso, estos domos están instalados en el fondo y aportan el aire en forma de burbujas. El aire es captado de la atmósfera por varias soplantes de gran potencia.

La decantación secundaria o clarificación, se realiza en varios decantadores generalmente circulares dotados de rasquetas que van suspendidas de un puente radial, arrastrando el fango hacia la zona central del decantador, desde donde dicho fango es recirculado mediante bombas sumergibles o tornillos de Arquímedes a la entrada del tratamiento 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.



6.1.4. Tratamiento terciario, avanzado o de afino.

Si el agua que ha de recibir el vertido requiere un grado de tratamiento mayor que el que puede aportar el proceso secundario, o si el afluente va a reutilizarse, o se incorpora a un cauce receptor catalogado como sensible y/o protegido, o va a ser reutilizada con fines agrícolas (riego) se procede a un tratamiento de afino, filtrándola y desinfectándola.

El tratamiento terciario constituye un complemento a la depuración del agua residual, también muchas veces se le llama de afino. Los diferentes tratamientos empleados persiguen: reducir los sólidos en suspensión y la parte orgánica asociada, reducir la DBO y DQO solubles, reducir el contenido de fósforo y/o nitrógeno, eliminar microorganismos patógenos, eliminar detergentes o tóxicos no biodegradables.

Hay procesos que permiten eliminar más de un 99% de los sólidos en suspensión y reducir la DBO₅ en similar medida. Los sólidos disueltos se reducen por medio de procesos como la ósmosis inversa y la electrodiálisis.

6.2. Línea de fangos.

6.2.1. Espesamiento.

El espesamiento pretende eliminar parte del agua que llevan los fangos cuando salen de los tratamientos del agua, ya que el fango proveniente de los decantadores es prácticamente líquido. De esta manera cuando entren los fangos en las siguientes unidades de proceso su volumen será menor y su concentración será mayor.

Podemos distinguir entre espesamiento por gravedad, por flotación o por centrifugación.

El espesamiento de los fangos por gravedad se realiza previo paso por unos tamices, en cubas circulares dotadas de sistema de arrastre central que mueve unos peines giratorios situados en la parte inferior del tanque y cuya labor es la de liberar el agua ocluida en los flóculos de los fangos, produciéndose el espesamiento de los mismos, el sobrenadante que se obtiene en la parte superior es enviado al pozo de sobrenadantes y a su vez a cabecera.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

En el espesamiento por flotación se concentran los fangos procedentes de la recirculación o del tratamiento biológico a los cuales se les mezcla con agua presurizada, aire y reactivos (polielectrolito), con el fin de ayudar a la tendencia natural de flotar de este tipo de fangos, recogiendo estos en la parte superficial por medio de unas rasquetas y a su vez enviarlos al pozo de mezcla para su posterior bombeo al proceso de digestión.

6.2.2. Estabilización o digestión.

El objeto de la estabilización es disminuir el contenido de materia orgánica de los fangos y eliminar los microorganismos patógenos que contiene, para que el lodo no sea una fuente de contaminación y no se pudra.

El proceso de digestión puede ser aerobio o anaerobio, produciéndose gas en este último caso que puede ser aprovechado para la obtención de energía.

6.2.3. Deshidratación o secado.

Finalmente, y antes de ser evacuados al exterior, los fangos se deshidratan en varias máquinas de filtrado de banda continua a las que se bombea el fango a través de bombas de tornillo helicoidal, acondicionándolo en línea con un polielectrolito que se dosifica automáticamente.

El fango así deshidratado, se transporta a través de cintas transportadoras a un silo para su posterior evacuación mediante camiones. Este fango deshidratado, ya sólido, suele tener unas buenas características para ser reutilizado en agricultura, jardinería y otros usos después de su compostaje. A este fango se le denomina también biosólido.

6.3. Esquema secuencial de una depuración convencional.

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



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

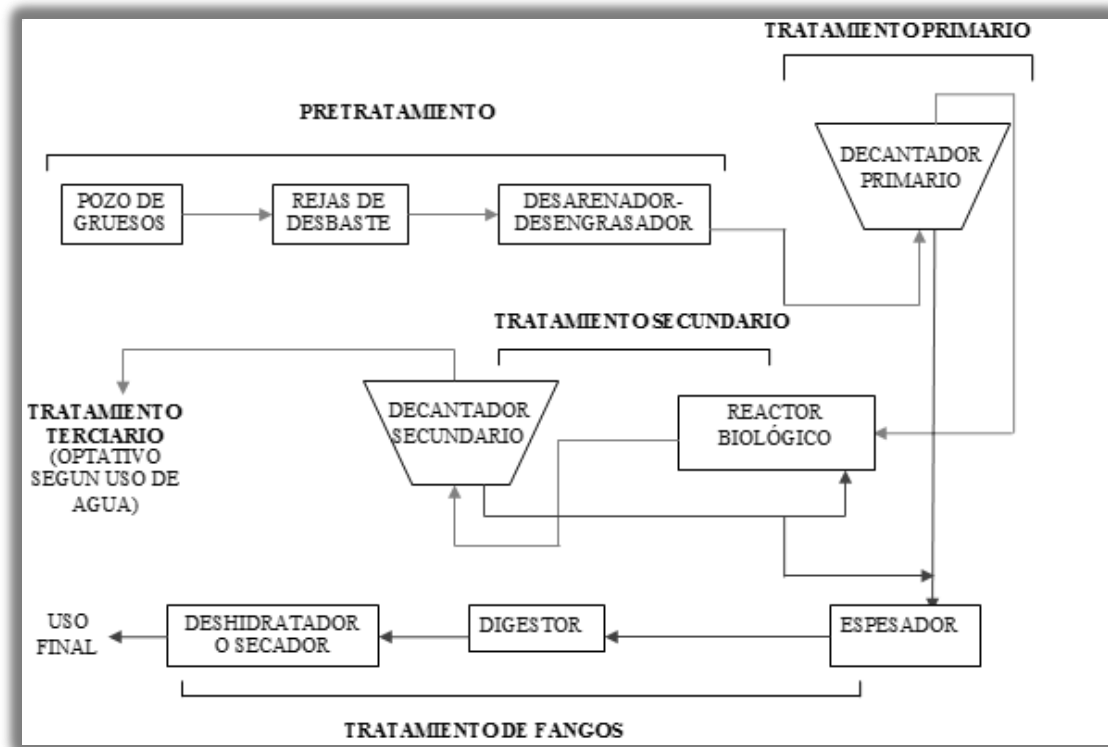


Figura 1. Esquema de tratamiento de aguas residuales.

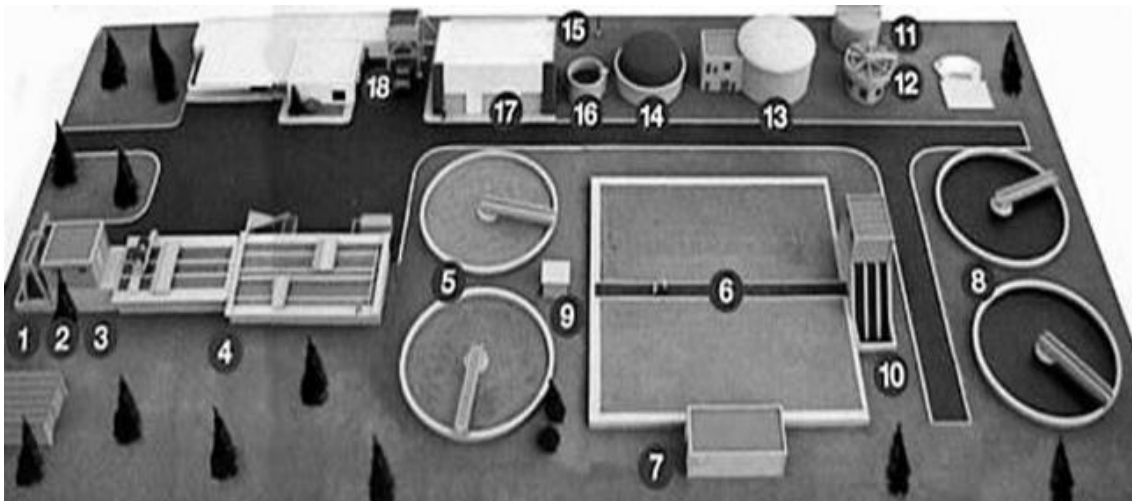


Figura 2. Gráfico de una EDAR.



- Descripción de una depuración convencional (Figura2).

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 *rejas 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 *rejas de finos* donde se separan las partículas pequeñas. Este proceso se acaba con el *desanador-desengrasador* donde, a través de procesos mecánicos, se hacen hundir las arenas y flotar las grasas.
5. Se separan por medios físicos los detritus (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 esta 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* está 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 está 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 atmósfera, 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.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

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 centrífugas.

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

I.7. 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.

En las últimas décadas, el interés por el aprovechamiento de las aguas residuales urbanas que han recibido tratamientos avanzados de depuración ha ido en aumento. La convicción de que estas aguas deben ser aprovechadas y no desperdiciadas, junto con la escasez creciente de aguas y los problemas de protección medioambiental, crean un entorno realista para considerar la reutilización de las aguas residuales en muchas áreas del mundo que se enfrentan a la escasez del agua, como los países ribereños del Mediterráneo, los del Oriente Medio, Suroeste de los Estados Unidos, Méjico o Sureste y Centro de Asia, entre otras, el uso de aguas residuales recuperadas es una práctica habitual que en los últimos años han tenido un incremento notable. Incluso, en zonas con abundancia de precipitaciones, como Japón o Florida, las aguas residuales se están reutilizando, en servicios higiénicos, sobre todo cuando las fuentes de agua se encuentran lejos y el transporte es caro o cuando existen demandas competitivas de otras regiones o usos.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

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. Sin embargo, la reutilización del agua es tan sólo una de las alternativas a la planificación que ha de hacer frente a las necesidades futuras de recursos hídricos. La conservación del agua, su reciclado, la gestión y el uso eficaces de los suministros de agua existentes, y el nuevo desarrollo de recursos hídricos basado en la gestión de las cuencas, constituyen ejemplos de otras alternativas.

La reutilización del agua requiere un estudio profundo de planificación de la infraestructura y de los recursos, el emplazamiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales, la fiabilidad del tratamiento, el análisis económico y financiero, y una gestión del uso del agua que suponga una integración del agua recuperada con otro tipo de agua no recuperada. Hoy día, existen tratamientos técnicamente probados o procesos de purificación capaces de suministrar agua de casi cualquier calidad que se desee. Así, la reutilización de las aguas residuales tiene su propio lugar y desempeña un papel importante a la hora de hacer una óptima planificación y una gestión y un uso más eficientes de los recursos hídricos en muchas áreas del mundo.

Las posibilidades de reutilización de las aguas residuales tratadas son numerosas y variadas dependiendo del nivel de tratamiento a que se sometan, lo que determinará la calidad del efluente conseguido, destacando como destino más frecuente, en la mayoría de los proyectos, el riego agrícola o de jardines.



7.1. Reutilización y salud pública.

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 como los sólidos en suspensión que obstruyen los aspersores o las boquillas para el riego por goteo. Por ello es preciso prestar una atención especial a los requisitos de calidad general de las aguas residuales y a las medidas de seguridad.

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.

Otras medidas de seguridad para las aplicaciones no potables de la reutilización del agua pueden incluir la instalación de sistemas separados de almacenamiento y distribución del agua potable; el uso de etiquetas codificadas por colores para distinguir las instalaciones de tuberías de agua potable y no potable; dispositivos para la prevención del reflujo y de la interconexión; el uso periódico de tintes trazadores para detectar la posible contaminación cruzada en las vías de suministro potables o el riego en horas de bajo consumo para minimizar todavía más el riesgo potencial por el contacto humano.



I.8. POSIBLES TRATAMIENTOS DE AGUA RESIDUAL.

8.1. Línea de agua.

- *Número de líneas*

La elección del número de líneas depende del tamaño de la E.D.A.R. y de las oscilaciones de caudal que se puedan dar, 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

Tabla 1. Número de líneas en función del número de he.

Para nuestro caso la experiencia aconseja la utilización de tratamientos biológicos mediante lodos activos con decantación primaria, y dos líneas como indica la tabla anterior. Por tanto, deberían instalarse 2 líneas de agua más una de reserva para casos de fallo en una de las líneas operativas.

$$\text{Nº LÍNEAS DE AGUA} = 2 \text{ Operativas más (+1 de Reserva).}$$

De esta forma, el caudal medio que circula por cada una de las líneas será la mitad del calculado.

- *Partículas típicas eliminadas*

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.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

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

Tabla 2. Eliminación de partículas en función del tratamiento.

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 filtración (o) (e)



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

	Coagulación (o) Air stripping (o) Nitrificación-desnitrificación (o) Absorción por carbón (o) Cambio iónico (o) (e) Ósmosis inversa. Separación por membrana (o) (e) Desinfección (o)
--	---

(o) Operaciones optativas
(e) Operaciones excluyentes

Tabla 3. Principales procesos en función del tratamiento.

8.2. Línea de fango.

- *Número de líneas*

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 de los mismos, no será necesaria su estabilización previa).

ENVÍO DE FANGOS PRIMARIOS Y EN EXCESO PARA SU TRATAMIENTO	
ESPESAMIENTO	Por gravedad Por flotación (e) Por centrifugación (e)
ESTABILIZACIÓN O DIGESTIÓN	Digestión aerobia (e) Digestión anaerobia (e) Estabilización química (e)
ACONDICIONAMIENTO	Químico (e) Térmico (e)
DESHIDRATACIÓN	Eras de secado (e) Filtros banda (e)



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

	Centrífugas (e) Filtros prensa (e)
INCINERACIÓN	
ALMACENAMIENTO, EVACUACIÓN Y DESTINO FINAL	Almacenamiento (contenedores, tolvas, parques) Evacuación y destino final (abonos, vertedero).

(e) Operaciones excluyentes

Tabla 4. Tratamiento de los fangos.

TRATAMIENTO DE FANGOS	OBJETIVO
Acondicionamiento	Mejora y homogenización
Espesamiento	Concentración de materia sólida
Deshidratación	Eliminación del agua (parcial)
Digestión o estabilización	Reducción biológica de la materia orgánica
Incineración	Destrucción de la materia orgánica
Desinfección	Reducción de patógenos virus

Tabla 5. Objetivo de los tratamientos.

I.9. 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
2. Elección preliminar de procesos
3. Realización de estudios a nivel laboratorio y planta piloto
4. Elaboración de alternativas de diagramas de flujo de tratamiento
5. Definición de los criterios de diseño
6. Distribución física de los elementos de la planta de tratamiento
7. Preparación de perfiles hidráulicos
8. Elaboración del balance de sólidos



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

9. Realización de planos de construcción, especificaciones y documentos para licitación
10. Estimación de costos de ingeniería

CAPÍTULO II

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO



INDICE

CAPÍTULO II. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

	PÁGINA
II.1. OBJETO DEL PROYECTO.....	34
II.2. BASES DE DISEÑO.....	35
2.1. Población equivalente de diseño.....	35
2.2. Dotación de caudal.....	36
2.3. Caudales de diseño.....	36
2.4. Datos de contaminación del agua residual bruta.	38
2.5. Resultados previstos a obtener.....	41
2.5.1. Características del agua de vertido (efluente)	
2.5.2. Características del fango tratado	
II.3. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	44



CAPÍTULO II. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

II. 1. OBJETO DEL PROYECTO.

En este proyecto se describe el diseño, funcionamiento y dimensionado de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (E.D.A.R) de tipo urbana (vertido fundamentalmente doméstico), basada en un proceso biológico de fangos activos y capaz de tratar tanto los vertidos actuales como los previstos para el año horizonte, diseñándose para una población de 40.000 habitantes equivalentes, y situada en la localidad X (Región de Murcia). El diseño será el adecuado para permitir la reutilización del agua depurada para riego de zonas recreativas y para destinar el fango a sus distintos usos posibles.

Tiene, por tanto, como objeto principal la definición de sus procesos, instalaciones y equipos necesarios.

También se han considerado como metas básicas a la hora de diseñar y proyectar el presente proyecto:

- Dar una calidad a las obras civiles, equipos e instalaciones que permitan una relación calidad-precio que se ajuste a este tipo de obras, atendiendo sobre todo al cometido que éstas van a desempeñar.
- Dotar a las instalaciones de la flexibilidad suficiente y de una correcta distribución para facilitar las maniobras de operación y conseguir unos gastos de mantenimiento reducidos.
- Proyectar la Estación Depuradora de manera que forme un conjunto armónico, tanto en aparatos como en acabado de edificios.
- Integrar la Estación dentro de los terrenos disponibles, para así minimizar el impacto ambiental causado.

Para el diseño de la misma se ha tomado como referencia la información recogida al respecto en las distintas publicaciones existentes en relación con la depuración de aguas residuales, así como datos de tipo estadístico recogidos por el Centro Regional de Estadística de la Región de Murcia.



CAPÍTULO II. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

II. 2. BASES DE DISEÑO.

Este apartado es fundamental para llevar a cabo un dimensionado de una E.D.A.R. que garantice un funcionamiento correcto cumpliendo con los objetivos de depuración propuestos, acordes con lo establecido por la legislación vigente.

Para la definición de las bases de diseño o datos de partida se analizan los siguientes parámetros:

1. Población equivalente de diseño.
2. Dotación de caudal.
3. Caudales de diseño.
4. Datos de contaminación del agua residual bruta.
5. Resultados previstos a obtener.
 - 5.1 Características del agua de vertido (efluente).
 - 5.2 Características del fango tratado.

2.1. Población equivalente de diseño.

En la determinación de la población de diseño se utiliza el concepto de **habitante equivalente**, a partir de ahora **h.e** (también puede verse como EH), 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).

Para nuestro caso consideraremos los siguientes datos:

- Población esperada en los próximos 10 años: 30.000 habitantes.
- Población equivalente para los vertidos de las pequeñas industrias: 10.000 habitantes equivalentes (h.e)

Por tanto la Población Equivalente de Diseño será de 40.000 habitantes equivalentes.



CAPÍTULO II. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

2.2. Dotación de caudal.

La dotación de agua en función de la población en España, a título orientativo, tiene unos valores indicados en la tabla siguiente,

POBLACIÓN EQUIVALENTE <i>(h.e)</i>	DOTACIÓN DE CAUDAL <i>(l/h.e · día)</i>
2000	150 – 200
2.000 – 50.000	200 – 250
50.000 – 500.000	250 – 300
> 500.000	300 – 350

Tabla 1. Dotación de caudal.

Observamos, por tanto, que para una población de 40000 habitantes equivalentes, el caudal que se debería tomar se encuentra entre 200-250 *(l/he·día)*. Optamos por coger una dotación de 250 *l/h.e·día*.

Dotación = 250 *l/h.e·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 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.

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.



CAPÍTULO II. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

$$Q_{med} (m^3/d) = \frac{\text{Población (h.e.)} \cdot \text{Dotación } (\frac{1}{h \cdot e \cdot d})}{1000 (\frac{1}{m^3})} \quad (\text{Ec.1})$$

$$Q_{med.} = (40000 \cdot 250) / 1000 = 10000 \text{ m}^3/d = 417 \text{ m}^3/h = 116 \text{ l/s.}$$

$Q_{med.} = 417 \text{ m}^3/h$

- *Caudal máximo ($Q_{m\acute{a}x.}$):* contempla el incremento de caudal sobre el caudal medio, que se recibe de manera puntual en la planta a determinadas horas del día.

$$Q_{max} (m^3/d) = Q_{med} (m^3/d) \cdot (1,5 - 1,25) \quad (\text{Ec.2})$$

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:

$$Q_{m\acute{a}x} = Q_{med} \cdot \left(1,15 + \frac{2,575}{(Q_{med})^{1/4}} \right) \quad (\text{Ec.3})$$

Se obtiene:

$$Q_{m\acute{a}x} = 417 \cdot [1,15 + 2,575 / (417)^{0,25}] = 717 \text{ m}^3/h = 199 \text{ l/s}$$

$Q_{m\acute{a}x} = 717 \text{ m}^3/h$

Se comprueba que la relación $Q_{m\acute{a}x}/Q_{med}$ es de 1'72, estando ese valor comprendido entre los valores típicos [1'5 a 2].

- *Caudal mínimo ($Q_{m\acute{i}n.}$):* 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.



CAPÍTULO II. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

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 un valor intermedio, pues depende de la comunidad. Este valor será el 40% de caudal medio diario:

$$Q_{\min} = 167 \text{ m}^3/\text{h} = 46 \text{ l/s}$$

2.4. Datos de contaminación del agua residual bruta.

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

- DBO5.
- DQO.
- SS.
- Fósforo.
- Nitrógeno.
- pH (el agua residual oscila en torno a 7.5)

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, pueden emplearse los que se adjuntan a continuación.



CAPÍTULO II. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

FACTORES DE APORTACIÓN PER CÁPITA A LA CONTAMINACIÓN		
FACTOR	VALOR (g/h.e.d)	
	INTERVALO	VALOR TÍPICO
DBO₅	55-100	75
DQO	150 - 180	165
SS	65-110	90
pH		7,5
NUTRIENTES:		
Nitrógeno amoniacal	2-4	3,5
Nitrógeno orgánico	6,5 - 13,5	10
Nitrógeno total Kjeldahl NTK	10-15	14
Fósforo orgánico	1-2	1,5
Fósforo inorgánico	2-3,5	3
Fósforo total	3,5-5,5	4

Tabla 2. 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.

$$\text{Concentración (mg/l)} = \frac{\text{Contaminación específica (g/h.e.d)} \cdot 1000 \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}}\right)}{\text{Dotación (l/h.e.d)}} \quad (\text{Ec.4})$$



CAPÍTULO II. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

$$\text{Carga (Kg/d)} = \frac{\text{Contaminación específica } \left(\frac{g}{h.e \cdot d}\right) \cdot \text{Población (h.e)}}{1000 \left(\frac{g}{Kg}\right)} \quad (\text{Ec.5})$$

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 de $\text{DBO}_5 = 75 \cdot 1000 / 250 = 300 \text{ mg/l (ppm)}$
- Concentración de $\text{DQO} = 165 \cdot 1000 / 250 = 660 \text{ mg/l (ppm)}$
- Concentración de $\text{SS} = 90 \cdot 1000 / 250 = 360 \text{ mg/l (ppm)}$
- Concentración de $\text{NTK} = 14 \cdot 1000 / 250 = 56 \text{ mg/l (ppm)}$
- Concentración de $\text{P}_{\text{total}} = 4 \cdot 1000 / 250 = 16 \text{ mg/l (ppm)}$
- Carga de $\text{DBO}_5 = 75 \cdot 40000 / 1000 = 3000 \text{ Kg/d}$
- Carga de $\text{DQO} = 165 \cdot 40000 / 1000 = 6600 \text{ Kg/d}$
- Carga de $\text{SS} = 90 \cdot 40000 / 1000 = 3600 \text{ Kg/d}$
- Carga de $\text{NTK} = 14 \cdot 40000 / 1000 = 560 \text{ Kg/d}$
- Carga de $\text{P}_{\text{total}} = 4 \cdot 40000 / 1000 = 160 \text{ Kg/d}$

En la siguiente tabla se recogen los valores calculados anteriormente:

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN <i>mg/l (ppm)</i>	CARGA <i>(Kg/d)</i>
DBO₅	300	3000
DQO	660	6600
SS	360	3600
NTK	56	560
P_{total}	16	160

Tabla 3. Concentración y carga del influente.



2.5. Resultados previstos a obtener.

2.5.1. Características del agua de vertido (efluente).

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. RD 509/1.996 de 15 de Marzo. RD 2116/1.998 de 2 de Octubre).

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

PARÁMETRO	VALOR REQUERIDO* <i>mg/l (ppm)</i>
pH	6-8
DBO ₅	25
DQO	125
SS	35
E.coli	(1000-100) ml * (si se previera desinfección)

Tabla 4. Valores de contaminación para incorporar tratamiento terciario.

En el caso de compuestos de nitrógeno y fósforo, en 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.



CAPÍTULO II. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

2.5.2. Características del fango tratado.

Los principales parámetros que se tienen en cuenta son sequedad y estabilidad.

- *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 tabla siguiente.

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

Tabla 5. Sequedad de la torta en función del tratamiento.

Adelantamos que el tipo de secado de nuestra línea de tratamiento de fangos (lodos) será por el proceso de centrifugación.

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

Resumiendo pues los valores obtenidos en estos apartados en una tabla, obtenemos lo siguiente:



CAPÍTULO II. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.

DATOS DE PARTIDA		
POBLACIÓN DE DISEÑO	40.000 h.e.	
DOTACIÓN	250 l/h.e-d	
CAUDALES		
CAUDAL MEDIO DIARIO	10000 m ³ /d	
CAUDAL MEDIO	417 m ³ /h	166 l/s
CAUDAL MÁXIMO	717 m ³ /h	199 l/s
CAUDAL MÍNIMO	167 m ³ /h	46 l/s
CONTAMINACIÓN		
	CONCENTRACIÓN	CARGA CONTAMINANTE
DBO₅	300 mg/l	3000 Kg/d
DQO	660 mg/l	6000 Kg/d
SS	360 mg/l	3600 Kg/d
NTK	56 mg/l	560 Kg/d
P	16 mg/l	160 Kg/d
SEQUEDAD DE FANGOS	20 - 25%	
ESTABILIDAD	40%	

Tabla 6. Datos de partida de la EDAR.



II.3. SOLUCIÓN ADOPTADA.

LINEA DE AGUA

✓ **Obra de llegada**

- Aliviadero y by-pass.
- Dos depósitos de retención.

✓ **Pretratamiento**

- Desbaste
 - Pozo de gruesos.
 - Predesbaste (Rejas de gruesos).
 - Dos líneas con rejas de medios y de finos, ambas de limpieza automática.
 - Una línea reserva con rejas de medios y finos, ambas de limpieza manual.
- Un desarenador/desengrasador (+1 reserva) con difusores de burbuja fina tipo tubo.

✓ **Tratamiento primario. Decantación primaria convencional (sin coagulantes ni floculantes)**

- Dos decantadores primarios circulares.

✓ **Tratamiento secundario por fangos activos**

- Dos reactores biológicos con tanque anóxico con difusores de burbuja fina tipo domo.
- Dos decantadores secundarios circulares.

Uso final del efluente: Riego de zonas recreativas



LINEA DE FANGOS

✓ **Tratamiento de fangos o lodos (una única línea de tratamiento)**

- Un espesador por gravedad.
- Digestor anaerobio.
 - Dos tanques de digestor primario.
 - Un tanque de digestor secundario.
- Un gasómetro.
- Dos deshidratadores o secadores por centrifugación.
- Dos torres de absorción para la desodorización de los lodos.

Uso final de los lodos: (plantas de compost, vertederos...)

CAPÍTULO III

DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO



INDICE

CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

	PÁGINA
III.1. OBRA DE LLEGADA.....	46
1.1. Acometida.....	46
1.2. Aliviadero de entrada con by-pass.....	46
1.2.1. Dimensionado de los depósitos de retención del vertido de crecidas o tanques de tormentas.	
III.2. PRETRATAMIENTO.....	48
2.1. Objetivos y fundamentos del proceso.....	48
2.2. Desbaste.....	49
2.2.1. Pozo de gruesos.	
2.2.1.1. Objetivos y fundamentos del proceso.	
2.2.1.2. Parámetros de diseño.	
2.2.1.3. Normas generales de diseño.	
2.2.1.4. Dimensionado del pozo de gruesos.	
2.2.2. Rejas de desbaste.	
2.2.2.1. Objetivos y fundamentos del proceso.	
2.2.2.2. Clasificación de las rejas.	
2.2.2.3. Rejas de limpieza automática.	
2.2.2.4. Solución adoptada.	
2.2.2.5. Rejas de gruesos o de predesbaste.	



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

2.2.2.5.1. Parámetros de diseño para la reja de gruesos.	
2.2.2.5.2. Dimensionado de la reja de gruesos.	
2.2.2.6. Rejas de medio y de finos.	
2.2.2.6.1. Parámetros de diseño.	
2.2.2.6.2. Normas generales de diseño.	
2.2.2.6.3. Dimensionado de rejillas de desbaste.	
2.3. Desarenado-desengrasado.....	68
2.3.1. Desarenado: objetivos y fundamentos del proceso.	
2.3.2. Desengrasado: objetivos y problemática.	
2.3.3. Desarenado - Desengrasado conjunto.	
2.3.4. Solución adoptada. Desarenadores aireados.	
2.3.5. Parámetros de diseño.	
2.3.6. Normas generales de diseño.	
2.3.7. Dimensionado del desarenador/desengrasador.	
2.4. Residuos generados en el pretratamiento.....	79
III.3. TRATAMIENTO PRIMARIO.....	80
3.1. Objetivos y fundamentos del proceso.....	81
3.2. Proceso de la decantación primaria.....	82
3.3. Solución adoptada. Decantador circular.....	84
3.4. Parámetros de diseño.....	85
3.5. Normas generales de diseño en decantadores circulares.....	87
3.6. Dimensionado del decantador primario.....	87
3.7. Residuos generados en la decantación primaria.....	90



III.4. TRATAMIENTO SECUNDARIO Ó BIOLÓGICO.....	90
4.1. Objetivos y fundamentos del proceso.....	90
4.2. Fangos activos y lechos bacterianos.....	91
4.3. Solución adoptada. Fangos activos.....	93
4.3.1. Introducción.	
4.3.2. Objetivos y fundamentos del proceso.	
4.3.3. Descripción de los principales procesos de fangos activos.	
4.3.4. Solución adoptada. Oxidación total.	
4.3.5. Parámetros de diseño.	
4.3.6. Normas generales de diseño del reactor biológico.	
4.3.7. Dimensionado del reactor biológico.	
4.3.7.1. Volumen del tanque de aireación.	
4.3.7.2. Necesidades de oxígeno.	
4.3.7.3. Producción de fangos en exceso.	
4.3.7.4. Recirculación de fangos.	
4.3.8. Dimensionado de los equipos de aireación.	
4.3.9. Dimensionado del tanque anóxico.	
4.4. Decantación secundaria o clarificación.....	117
4.4.1. Objetivos y fundamentos del proceso.	
4.4.2. Parámetros de diseño.	
4.4.3. Normas generales de diseño.	
4.4.4. Dimensionado del decantador secundario.	
III.5. TRATAMIENTO DE FANGOS.....	123
5.1. Introducción.....	123
5.2. Objetivos y fundamentos del proceso.....	124
5.3. Número de líneas.....	126



5.4. Espesamiento.....	127
5.4.1. Solución adoptada. Espesado por gravedad.	
5.4.2. Parámetros de diseño.	
5.4.3. Normas generales de diseño.	
5.4.4. Dimensionado del espesador por gravedad.	
5.5. Estabilización (digestión).....	132
5.5.1. Introducción. Tipos de estabilización.	
5.5.2. Solución adoptada. Digestión anaerobia.	
5.5.3. Parámetros de diseño.	
5.5.4. Normas generales de diseño.	
5.5.5. Dimensionado del digestor.	
5.6. Deshidratación.....	139
5.6.1. Introducción. Tipos de deshidratación.	
5.6.2. Solución adoptada. Centrifugación.	
5.6.3. Parámetros de diseño.	
5.6.4. Cálculo de fangos deshidratados.	
5.7. Esquema de concentraciones del fango.....	146
5.8. Desodorización.....	146
5.9. Desinfección.....	146
5.10. Destino final de los fangos deshidratados.....	147
5.10.1. Aplicación directa sobre el terreno.	
5.10.2. Compostaje.	
5.10.3. Vertedero.	



III.6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	152
6.1. Acometida en m.t. 20 kV.....	152
6.2. Centro de transformación.....	153
6.3. Alimentación en baja tensión.....	155
6.4. Mejora del factor de potencia.....	156
6.5. Centros de control de motores.....	156
6.6. Grupo electrógeno de emergencia.....	157
6.7. Líneas de baja tensión.....	157
6.8. Alumbrado exterior e interior.....	158
6.9. Toma de corriente.....	158
6.10. Instalaciones varias.....	158
6.11. Red de tierra y seguridad de la planta.....	159



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

III.1. OBRA DE LLEGADA.

1.1. Acometida.

La situación topográfica de nuestra EDAR se caracteriza por poseer la necesaria diferencia de cotas para que pueda realizarse el paso del agua por gravedad en conducción rodada, haciendo innecesario la instalación de una estación de bombeo, con los consiguientes beneficios.

- Menor coste de instalación.
- Menor gasto de energía.

1.2. 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 EDAR en momentos de bajo caudal, (horas nocturnas por ejemplo) reduciendo así los efectos negativos de un bajo caudal de tratamiento para la depuradora.

1.2.1. Dimensionado de los depósitos de retención del vertido de crecidas o tanques de tormentas.

Teníamos calculado un $Q_{\max} = 717 \text{ m}^3/\text{h}$.

Supongamos un $Q_{\text{crecidas}} = 900 \text{ m}^3/\text{h} = 15 \text{ m}^3/\text{min}$.

Por tanto para los primeros 30 minutos tenemos un volumen total de agua estimado de

$$Vol (m^3) = Q_{\text{crecidas}} \left(\frac{m^3}{\text{min}} \right) \cdot t (\text{min}) \quad (\text{Ec.1})$$

$$Vol = 15 \cdot 30 = 450 \text{ m}^3$$

Se instalarán para mayor seguridad dos depósitos de forma cilíndrica de 450 m^3 .

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

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

$$S = 450/3 = 150 \text{ m}^2$$

Finalmente hallamos su diámetro:

$$S (m^2) = \pi \cdot \frac{D^2(m^2)}{4} \quad (\text{Ec.3})$$

$$D(m) = \sqrt{\frac{S(m^2) \cdot 4}{\pi}}$$

$$D = 13,82 \text{ m}$$



$$D_{comercial} = 14 \text{ m}$$

$$S_{real} = 153,938 \text{ m}^2$$

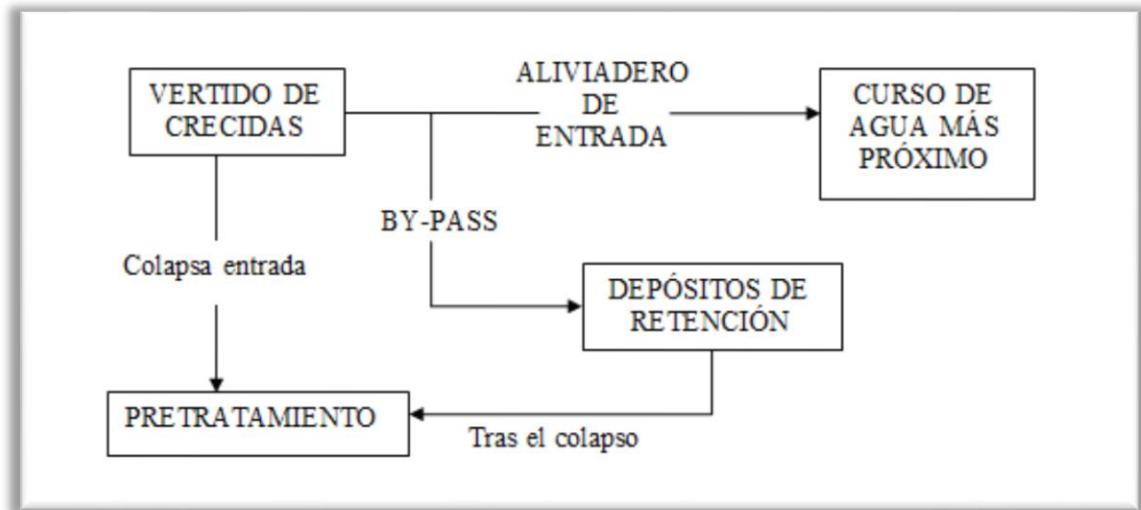


Figura 1. Obra de llegada.

III.2. PRETRATAMIENTO.

2.1. Objetivos y fundamentos del proceso.

El primer escalón de proceso, en la depuración de aguas residuales, consiste en la eliminación de elementos gruesos, grasas, arenas y partículas discretas cuya presencia perturbaría el tratamiento total y el eficiente funcionamiento de las máquinas, equipos e instalaciones de la estación depuradora.

El pretratamiento queda integrado por los siguientes procesos:

- Desbaste: elimina las sustancias de tamaño excesivamente grueso, mediante el empleo de un pozo de gruesos, rejas o y/o tamices (éstos con una capacidad de eliminación de basuras mucho más elevada).
- Trituración de los elementos retenidos en el desbaste por medio de dilaceradores.
- Desarenado: elimina las arenas y sustancias sólidas densas en suspensión.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- **Desengrasado:** elimina los distintos tipos de grasas y aceites, así como elementos flotantes.

En nuestro caso contaremos únicamente con los procesos siguientes:

1. Mediante el **desbaste** se eliminan los sólidos de mayor tamaño por medio un pozo de gruesos y después las rejillas retienen los sólidos flotantes.
2. La segunda etapa se realiza en un **desarenador/desengrasador**, donde flotan las grasas y aceites y sedimentan las arenas.

2.2. Desbaste.

Por diversos caminos, una gran cantidad de materiales y compuestos de mayor o menor tamaño y cantidad acaban llegando a las alcantarillas o redes de colectores y en consecuencia a la planta de tratamiento de aguas residuales.

Latas, botellas, piezas de metal, palos, piedras, juguetes, envases, tapones, sacos, plásticos, etc., se encuentran de forma habitual en el influente de las plantas depuradoras urbanas.

Estos materiales ocasionan problemas de diferente índole a las instalaciones de depuración. Las piezas metálicas, piedras u objetos similares, pueden llevar a la obstrucción de colectores, canales o tuberías, dañar equipos de bombeo, bloquear mecanismos en movimiento o atascar las purgas de las unidades, entre otros problemas. Si el problema se origina en una conducción enterrada, mecanismo inaccesible o unidad crítica, las consecuencias pueden ser muy graves para la planta depuradora.

Teniendo en cuenta todo lo indicado anteriormente, es evidente la importancia de su eliminación en la fase inicial de la planta depuradora.

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 los objetivos de los procesos de desbaste, los más importantes son:



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- 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
- Evitar la obstrucción de las líneas y canales de la planta
- Evitar la deposición de estos residuos en los canales y equipos

Para llevar a cabo las misiones indicadas anteriormente, en las plantas depuradoras de aguas residuales se utilizan diferentes equipos, siendo los más importantes los siguientes:

- *Pozo de gruesos*

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 arrastrar consigo el caudal de agua residual. Lo veremos detenidamente a continuación.

- *Rejillas de desbaste (rejas, mallas o cribas)*

Emplearemos rejas de medios y de finos. Se tratarán en próximos apartados.

- *Tamices*

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

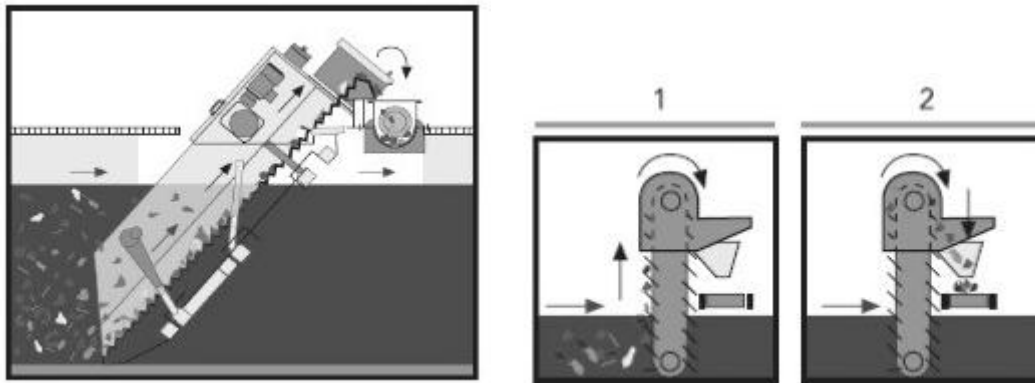


Figura 2. Funcionamiento de tamices.

- *Dilaceradores o trituradores*

Los dilaceradores son dispositivos montados en un canal que permiten el paso del agua residual y de los sólidos gruesos presentes hasta un tamaño establecido.

A partir de un cierto tamaño son troceados hasta reducirlos a un tamaño tal, que no causen problemas en el resto de la planta depuradora.

De acuerdo con lo indicado anteriormente, estos equipos no eliminan las basuras presentes en el agua residual, sino que las acondicionan para su eliminación posterior por decantación como sólidos en suspensión, lo que lleva consigo un aumento considerable de los mismos y de la DBO en el caso de que el sólido se componga de materia orgánica biodegradable, y en consecuencia un aumento del tamaño de los procesos posteriores así como del tratamiento de fangos.

Por este motivo la instalación de estas unidades en plantas depuradoras urbanas generalmente no son admitidas. La única ventaja que presentan es la no generación de basuras en la planta depuradora durante el proceso de desbaste.

El proceso de desbaste de nuestra depuradora constará únicamente de:

- Pozo de gruesos
- Rejas de predesbaste (gruesos) y desbaste (medios, finos)



A los sólidos de gran tamaño extraídos en el proceso de desbaste, se les conoce en las EDAR con el nombre genérico de basuras (por su composición parecida a las basuras urbanas), o de residuos, siendo su destino final en las plantas depuradoras urbanas de forma generalizado el vertedero municipal.

2.2.1. Pozo de gruesos.

Este es un proceso de tratamiento empleado en las plantas depuradoras de aguas residuales urbanas, aunque hay que indicar que su instalación no está generalizada.

En las redes de colectores de tipo unitario, en las que van conjuntamente aguas sanitarias y aguas de lluvia, en las épocas secas hay una cierta acumulación de arenas y sólidos de alta densidad, que con las primeras fracciones de lluvia son arrastradas hacia la depuradora, llegando estos elementos en esos momentos en cantidades muy importantes.

Por otra parte debido a obras, entrada por bocas de registro, sumideros, etc., es frecuente la llegada a las depuradoras de elementos de volumen elevado y alta densidad, como piedras, ladrillos, escorias, etc.

Si se tiene en cuenta que los colectores discurren por debajo de la cota del terreno y con frecuencia a varios metros de profundidad, lo primero que se va a encontrar el agua a la entrada de la depuradora es una estación de bombeo, y la presencia de estos elementos puede causar graves problemas en los mencionados equipos.

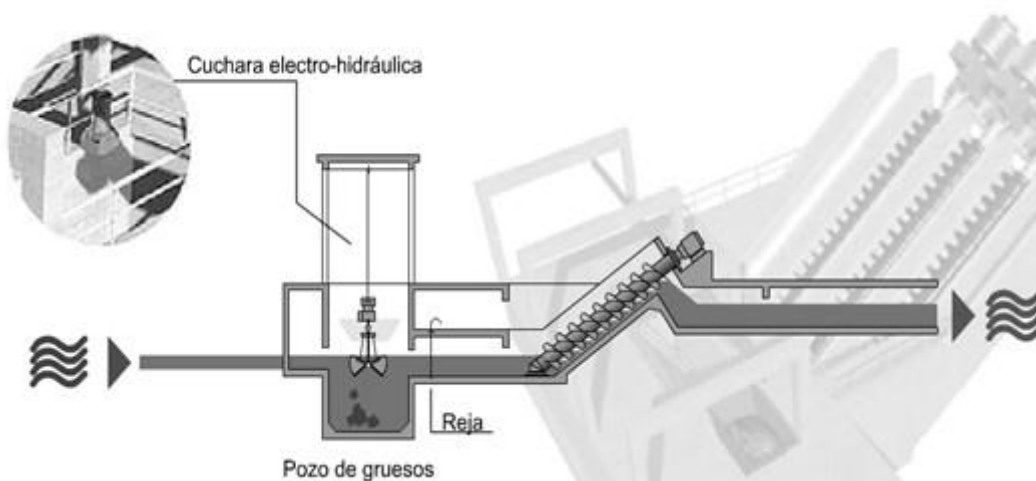




Figura 3. Pozo de gruesos.

2.2.1.1. Objetivos y fundamentos del proceso.

Con el fin de hacer un predesarenado y eliminar los objetos anteriormente citados de gran tamaño y alta densidad, es frecuente la instalación antes de la unidad de bombeo, además de unas rejillas de muy gruesos de tipo estático, de un pozo de gruesos.

Estos pozos de gruesos, consisten básicamente en una rebaja o foso realizado en la solera de la cámara de bombeo y antes de estos equipos, con el fin de que una parte de las arenas y objetos de elevada densidad queden retenidos.

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.

2.2.1.2. Parámetros de diseño.

Los pozos de gruesos, se diseñan generalmente en base a:

- Tiempo de retención del agua en el equipo.
- Carga hidráulica o velocidad ascensional.

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

- Tiempo de retención hidráulica T_r (ó TRH): 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 $1 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{min}$.



Escogeremos los siguientes valores:

PARÁMETRO	VALOR
Tr (<i>min</i>)	1,5
CH (<i>m/min</i>)	1

Tabla 1. Parámetros de diseño del Pozo de Gruesos.

2.2.1.3. 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.



2.2.1.4. Dimensionado del pozo de gruesos.

El volumen pozo de gruesos vendrá dado por:

$$Vol(m^3) = Q_{m\acute{a}x}(m^3/h) \cdot Tr(h) \equiv \frac{Q_{m\acute{a}x}(m^3/h) \cdot Tr(\text{min})}{60} \quad (\text{Ec.4})$$

$$Vol = 717 \cdot (1,5/60) = 17,925 \text{ m}^3$$

y la superficie del pozo de gruesos por:

$$S(m^2) = \frac{Q_{m\acute{a}x}(m^3/h)}{CH(m^3/m^2 \cdot h)} \equiv \frac{Q_{m\acute{a}x}(m^3/h)}{CH(m^3/m^2 \cdot \text{min}) \cdot 60 \text{ min/h}} \quad (\text{Ec.5})$$

$$S = 717/60 = 11,95 \text{ m}^2$$

Conocida la superficie del pozo de gruesos, y estableciendo una geometría rectangular, se obtienen la longitud L y anchura A del pozo:

$$L = 4 \text{ m}$$

$$A = 3 \text{ m}$$

$$S_{real} = 12 \text{ m}^2$$

De donde el calado o profundidad del pozo de gruesos será:

$$h(m) = \frac{Vol(m^3)}{S(m^2)} \quad (\text{Ec.6})$$

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

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.

Cada una de estas bombas deberá tener las siguientes características (teniendo en cuenta que el caudal medio es de 116 l/s y el caudal máximo de 199 l/s), de acuerdo con información del fabricante:



Doble entrada

Caudal con ángulo de 30° = 152 l/s

∅ = 900-450 mm

RPM = 55

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

Borde – Bomba 1 = 75 mm

Bomba 1 = 900 mm

Bomba 1 – Bomba2= 75 mm

Bomba 2 = 900 mm

Bomba 2 - Bomba de Reserva = 75 mm

Bomba de Reserva = 900 mm

Bomba de Reserva - Borde = 75 mm

Total = 3000 mm

2.2.2. 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. Todas las barras de la reja se encuentran fijadas en un marco, con el fin de rigidizar el sistema.

Ésta es la primera operación que se realiza en la planta depuradora.

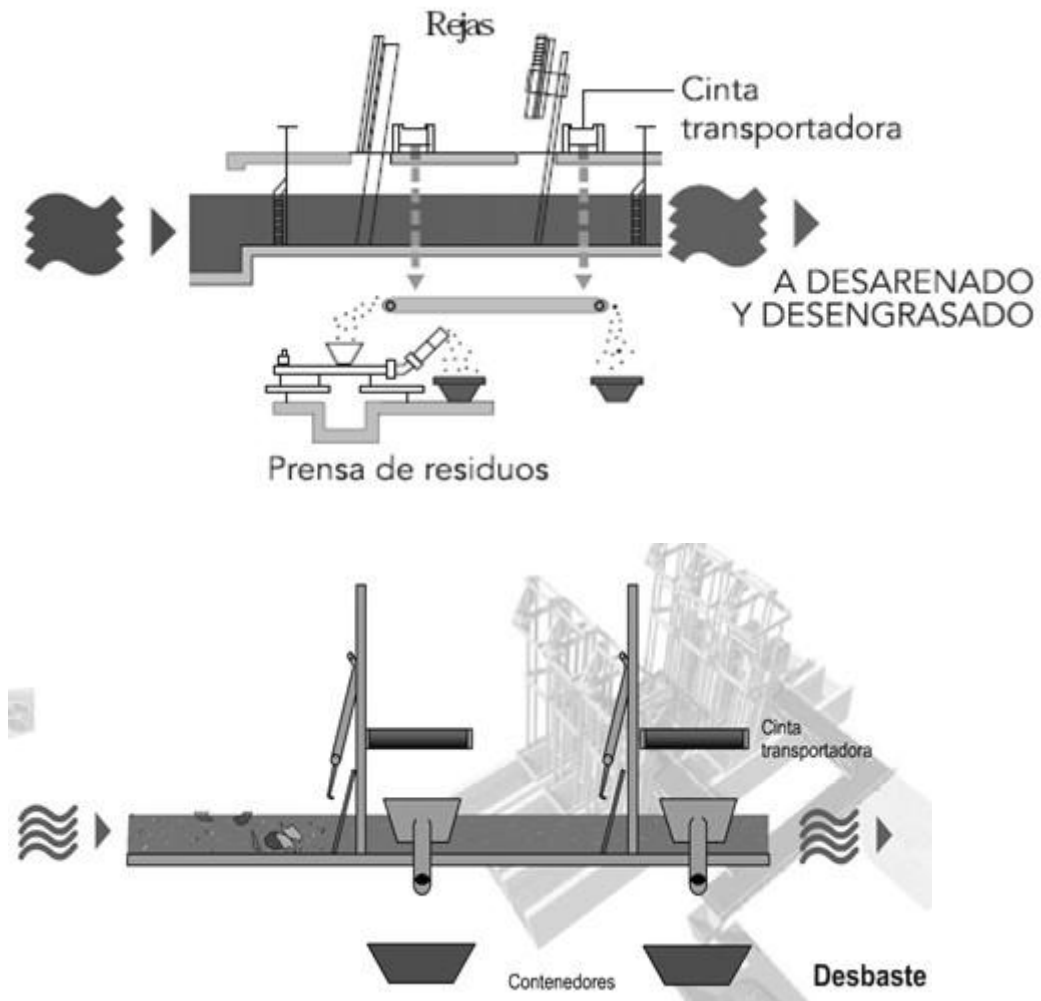


Figura 4. Rejas de desbaste.

2.2.2.1. Objetivos y fundamentos del proceso.

El objetivo del proceso de desbaste mediante rejillas es la eliminación de todos los sólidos en suspensión de tamaño superior a la separación entre barrotes (luz).

Se consigue así:

- Eludir posteriores depósitos
- Evitar obstrucciones en canales, tuberías y conducciones en general
- Interceptar las materias que por sus excesivas dimensiones podrían dificultar el funcionamiento de las unidades posteriores (desarenador, decantador)



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- Aumentar la eficiencia de tratamientos posteriores
- Indirectamente reducir el consumo de oxígeno necesario para la depuración

Puede decirse que, salvo excepciones, la instalación de rejillas de desbaste es indispensable en cualquier depuradora, retirando al máximo las impurezas del agua para su eliminación directa, compactadas o no, en vertederos de residuos sólidos o por incineración.

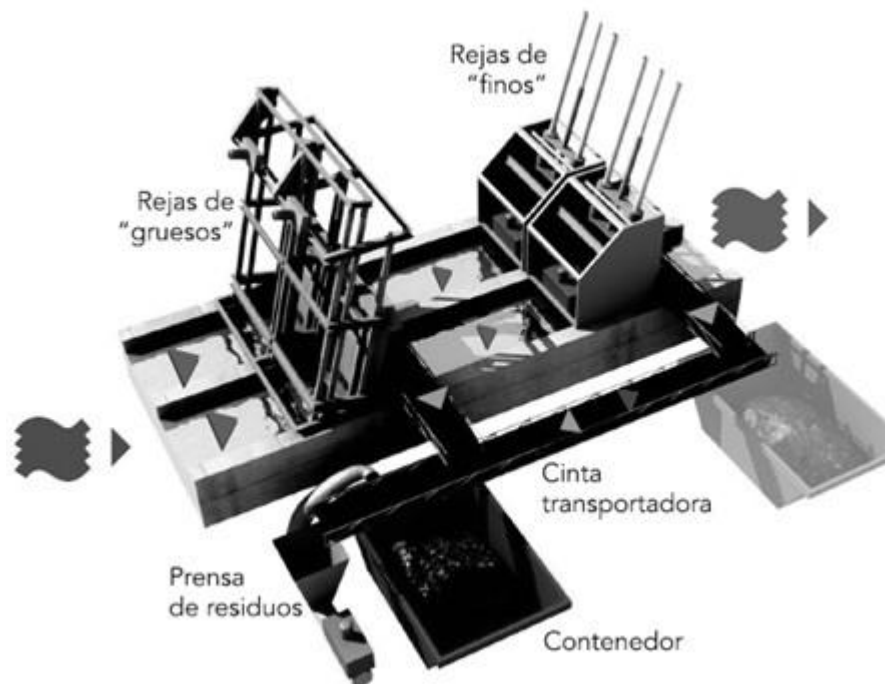


Figura 5. Rejas de desbaste.

2.2.2.2. Clasificación de las rejillas.

Existen varios tipos de rejillas, pudiendo realizar su clasificación con arreglo a diferentes criterios:

- *Criterio de inclinación de las rejillas*

Horizontales, verticales, inclinadas o curvas.



- Criterio de la separación libre entre barras (luz)

TIPOS	LUZ (cm)
Gruesas o de predebaste	5 - 15
Medias	1,5 - 5
Finas	< 1,5 (aprox.de 0,8 a 1,2)

Tabla 2. Tipos de rejillas.

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

Es práctica normal en las depuradoras urbanas la utilización de una reja de gruesos, 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.

En caso de utilizar un solo tipo de reja, esta generalmente es de finos o medios.

En cualquier caso, interesa la colocación de rejillas bien calculadas con lo que se evitan perturbaciones posteriores, que restan eficacia a todo el sistema de depuración.

- Criterio de la limpieza de rejillas

Para la limpieza del material retenido en las rejillas se puede emplear procedimientos manuales o automáticos, según la importancia de la estación y cantidad de materia retenidas.

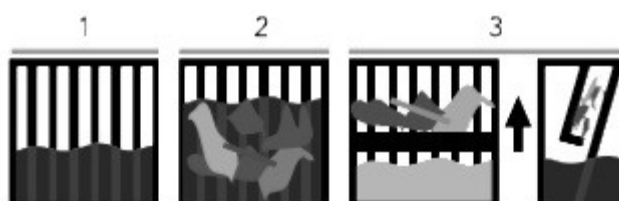


Figura 6. Detalle de limpieza de rejillas.



Tenemos por tanto dos procedimientos:

- Limpieza manual: las rejas de limpieza manual son instaladas en plantas urbanas de pequeño caudal o industriales. 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.
- Limpieza automática: serán las empleadas en nuestro caso y las veremos a continuación con detenimiento: con intervalo de tiempo fijo o con intervalo de tiempo modificado con arreglo al grado de obstrucción.

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

Existen en el mercado rejas en las cuales la superficie de desgaste tiene geometría curva.

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



2.2.2.4. Solución adoptada.

Tras el pozo de gruesos colocaremos las rejillas de gruesos o predebaste.

Seguidamente, para el proceso de desbaste habíamos calculado tres líneas o canales (2 principales más 1 de reserva).

En los dos canales principales instalaremos una rejilla de medios, seguida de una de finos, y ambas de limpieza automática, con una separación entre barrotes en cada una de ellas tal que cada una separe aproximadamente el 50 % de las basuras eliminadas.

Para el canal de reserva adoptaremos también la rejilla de medios seguida de la de finos pero en este caso de limpieza manual.

Además para la evacuación de residuos dispondremos de cintas transportadoras, compactadores y contenedores para cada una de las rejillas.

2.2.2.5. Rejas de gruesos o de predebaste.

Suelen ser rectas y de limpieza automática. La velocidad de paso que se establece para el agua residual oscilará entre 0,7-1 m/s para caudal medio, pudiéndose alcanzar valores de hasta 1,6 m/s para caudales máximos horarios. Para el dimensionamiento del pozo donde deberán ir instaladas las rejillas, se establecerá en primer lugar un ancho de canal de partida. Definido este, podemos determinar la sección útil de paso, y el calado necesario para un grado de colmatación determinado.

2.2.2.5.1. Parámetros de diseño para la rejilla de gruesos.

Los principales parámetros de diseño y sus valores serán:

- Velocidad de paso a Q_{med} y grado de colmatación del 30% (V): < 0,7-1 m/s.
- Velocidad de paso a $Q_{máx}$ y grado de colmatación del 30% (V): < 1,6 m/s.



Adoptaremos los siguientes valores:

PARÁMETROS	VALORES
V a Q_{med} y colmatación del 30% V(m/s)	0,85
V a $Q_{máx}$ y colmatación del 30% V(m/s)	1.6
Grado de colmatación C	30%

Tabla 3. Parámetros de diseño rejas de gruesos.

2.2.2.5.2. Dimensionado de la reja de gruesos.

$$S(m^2) = \frac{Q(m^3/h)}{3600s/h} \cdot \frac{L(mm) + e(mm)}{L(mm)} \cdot \frac{1}{C} \quad (Ec.7)$$

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.

$$\text{Luz (mm)} = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Espesor (mm)} \approx 16 \text{ mm}$$

Estudiando "S" en el caso de Q_{med} :

$$S = 417 \cdot (60+16)/(3600 \cdot 0,85 \cdot 60 \cdot 0,7) = 0,246 \text{ m}^2$$

Estudiando "S" en el caso de $Q_{máx}$:

$$S = 717 \cdot (60+16)/(3600 \cdot 1,6 \cdot 60 \cdot 0,7) = 0,226 \text{ m}^2$$



Nos quedamos con $S = 0,246 \text{ m}^2$

En rejas la relación de aspecto típica es:

$$h / b = \text{Altura/Ancho} = 1,3 \quad (\text{Ec.8})$$

$$S = h \cdot b = 1,3b \cdot b$$

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

$$b = \sqrt{\frac{S}{1.3}} \quad (\text{Ec.9})$$

$$b = 0,435 \text{ m}$$

Y por tanto, la altura:

$$h_{\text{gruesos}} = 0,566 \text{ m}$$

2.2.2.6. Rejas de medio y de finos.

2.2.2.6.1. Parámetros de diseño.

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 provocara decantaciones de arenas y otros sólidos en suspensión de alta densidad en el canal.

Los principales parámetros de diseño y sus valores serán:

- Velocidad límite inferior en el canal de aproximación (V): 0,3-0,5 m/s.
- Velocidad de paso a Q_{med} (V) y grado de colmatación del 30%: < 0,7-10 m/s.
- Velocidad de paso a $Q_{\text{máx}}$ (V) y grado de colmatación del 30%: 1,2-1,4 m/s.

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/seg.



Adoptaremos los siguientes valores:

PARÁMETROS	VALORES
V límite inf. canal de aproximación (m/s)	0,3
V a Q_{med} y colmatación del 30% (m/s)	0,8
V a $Q_{máx}$ y colmatación del 30% (m/s)	1,2
Grado de colmatación C	30%

Tabla 4. Parámetros de diseño rejillas de medio y de finos.

2.2.2.6.2. Normas generales de diseño.

- La instalación de las rejillas 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 rejilla 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 rejilla al contenedor, prensa, etc. generalmente mediante cintas transportadoras.
- El material de las rejillas habitualmente es acero al carbono y en algunos casos acero inoxidable.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- 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 importante, lo que lleva consigo en ocasiones a su instalación en recintos cerrados con sistema de extracción y tratamiento de olores.

2.2.2.6.3. Dimensionado de rejillas de desbaste.

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

$$S(m^2) = \frac{Q(m^3/h)}{3600s/h} \cdot \frac{L(mm) + e(mm)}{V(m/s)} \cdot \frac{1}{C} \quad (Ec.10)$$

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.

Hay que tener en cuenta que al tener dos líneas operativas, el caudal circulante por cada una de ellas será la mitad del calculado anteriormente.

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.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- *Reja de medios*

Luz (mm) = 20 mm

Espesor o ancho de barrotes (mm) \approx 10 mm

Estudiando "S" en el caso de Q_{med} : (entendido como $Q_{med}/2$ de aquí en adelante hasta que se indique lo contrario).

$$S(m^2) = \frac{Q(m^3/h)}{V(m/s)} \cdot \frac{L(mm) + e(mm)}{L(mm)} \cdot \frac{1}{1 - C/100} \quad (Ec.11)$$

$$S = 208,5 \cdot (20+10)/(3600 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 0,7) = 0,155 \text{ m}^2$$

Estudiando "S" en el caso de $Q_{m\acute{a}x}$: (entendido como $Q_{m\acute{a}x}/2$ de aquí en adelante hasta que se indique lo contrario)

$$S = 358,5 \cdot (20+10)/(3600 \cdot 1,2 \cdot 20 \cdot 0,7) = 0,178 \text{ m}^2$$

Por tanto, se tomará una superficie de reja de medios de $0,178 \text{ m}^2$.

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.

$$S(m^2 \text{ mojada}) = \frac{S(m^2)}{\text{sen}(a)} \quad (Ec.12)$$

Se considerará un ángulo de 80° , según valores típicos.

$$S_{mojada} = 0,178/\text{sen}(80^\circ) = 0,181 \text{ m}^2$$

-*Reja de finos*

Luz (mm) = 8 mm

Espesor (mm) \approx 8 mm



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

Estudiando "S" en el caso de Q_{med} :

$$S = 208,5 \cdot (8+8)/(3600 \cdot 0,8 \cdot 0,7) = 0,207 \text{ m}^2$$

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

$$S = 358,5 \cdot (8+8)/(3600 \cdot 1,2 \cdot 0,7) = 0,237 \text{ m}^2$$

Por tanto, se tomará una superficie de reja de finos de $0,237 \text{ m}^2$.

$$S_{mojada} = 0,237/\text{sen}(80^\circ) = 0,241 \text{ m}^2$$

En rejas la relación de aspecto típica es:

$$h/b = \text{Altura/Ancho} = 1,3$$

$$S = h \cdot b = 1,3b \cdot b$$

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

$$b = \sqrt{\frac{S}{1.3}} \quad (\text{Ec.13})$$

$$b_{finos} = 0,427 \text{ m}$$

Y por tanto, la altura:

$$h_{finos} = 0,555 \text{ m}$$

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:

$$b_{medios} = 0,427 \text{ m}$$

$$h_{medios} = 0,417 \text{ m}$$

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.

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



$$H(m) = \frac{V^2(m/s) - v^2(m/s)}{2 \cdot g(m/s^2) \cdot C} \quad (\text{Ec.14})$$

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

2.3. Desarenado-desengrasado.

2.3.1. Desarenado: objetivos y fundamentos del proceso.

En las plantas depuradoras de aguas residuales urbanas, el proceso de desarenación es el segundo que se instala a continuación del desbaste.

Su objetivo es separar los elementos pesados en suspensión (arenas, arcillas, limos), que lleva el agua residual y que perjudican el tratamiento posterior, generando sobrecargas en fangos, depósitos en las conducciones hidráulicas, abrasión en rodets de bombas y equipos, y disminuyendo la capacidad hidráulica.

La retirada de estos sólidos se realiza en depósitos donde se remansa el agua, se reduce su velocidad, aumentando la sección de paso.

El procedimiento utilizado para la separación de las arenas consiste en provocar una reducción de la velocidad del agua por debajo de los límites de precipitación de los granos de dichas arenas pero por encima de los sólidos putrescibles. Si no fuera así se producirían depósitos de materia susceptible de fermentación, con los consiguientes malos olores y difícil manejo. Teóricamente esta retención también podría realizarse en el decantador pero la mezcla de arenas y lodos complicaría los procesos del tratamiento de lodos.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

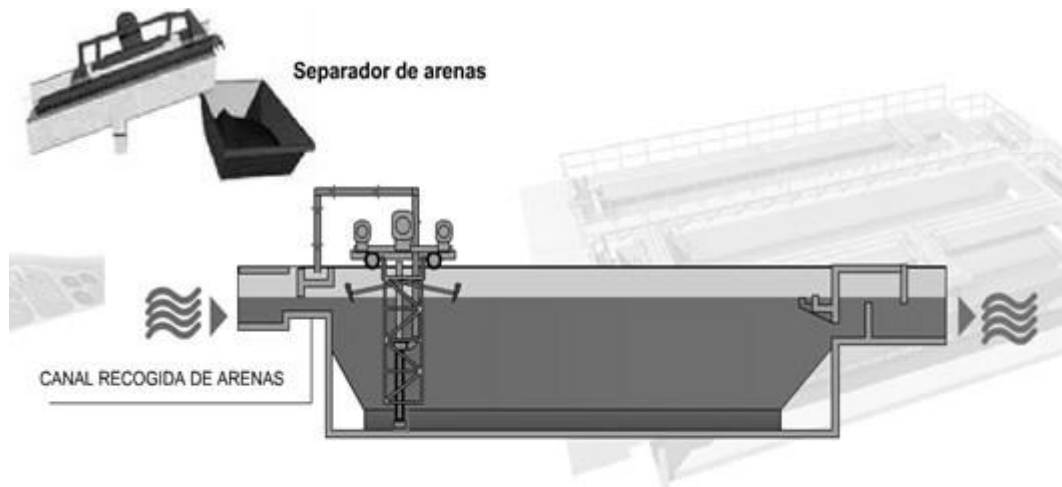


Figura 7. Desarenador.

Los desarenadores eliminan todos aquellos sólidos en suspensión, con un peso específico igual o mayor de 2,65 y un tamaño de partícula superior a 0,15-0,2 mm.

Entre las misiones más importantes encomendadas a los procesos de desarenación, se encuentran las siguientes:

- Evitar problemas de abrasión en los equipos mecánicos, al tratarse las arenas de compuestos de elevada dureza, aumentando con ello la vida de los diferentes equipos de la planta y en consecuencia la vida útil de la depuradora.
- Eliminar deposiciones en canales y tuberías.
- Evitar la presencia de sólidos inertes en la línea de tratamiento de fangos.
- Mayor facilidad de evacuación de la planta depuradora, al tratarse de sólidos inertes, al poder ser su destino final los vertederos de inertes.
- Su no eliminación en esta operación, supondría su eliminación con los fangos primarios, depositándose en el fondo de los digestores, dando lugar a operaciones de limpieza engorrosas además de ocupar un volumen inútilmente.

Es por ello necesario proceder a la separación de arenas en el pretratamiento. El término "arena" empleado en el tratamiento de las aguas residuales corresponde a partículas que poseen las características siguientes:



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- Tienen una superficie definida
- No son putrescibles: son totalmente estables, lo que conlleva que no se van a generar descomposiciones posteriores de los mismos
- Tienen velocidades de sedimentación sensiblemente superiores a la de los sólidos orgánicos putrescibles.

Esta tercera característica diferencial constituye el principio de funcionamiento de los desarenadores explicado anteriormente.

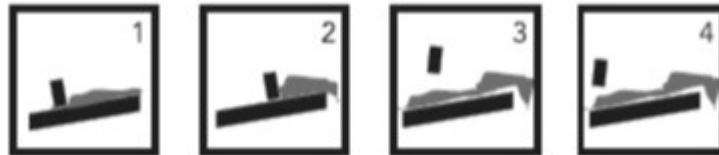


Figura 8. Separador de arenas.

2.3.2. Desengrasado: objetivos y problemática.

Su objetivo es la eliminación de grasas, aceites, espumas y resto de materias flotantes más ligeras que el agua residual.

Los volúmenes de grasa que se vierten en los colectores son de una cuantía importante, y proceden principalmente de los garajes (desprovistas generalmente de decantadores de grasas antes de su acometida a la red de alcantarillado), de los hogares y calefacciones, de lavaderos, mataderos y de la esorrentía superficial en colectores unitarios.

Las grasas han creado muchos problemas en la técnica de la depuración de aguas residuales, especialmente en los procesos y elementos siguientes:

- En rejillas finas causan obstrucciones que aumentan los gastos de conservación
- En los decantadores forman una capa superficial que dificulta la sedimentación al atraer hacia la superficie pequeñas partículas de materia orgánica.
- En la depuración por el sistema de fangos activos dificultan la correcta aireación disminuyendo el coeficiente de transferencia al 55-70% al subir las grasas de 0 a 70mg/l, y participan en el fenómeno "bulking".



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- Perturban el proceso de digestión de lodos.
- La D.Q.O. se incrementa en torno al 20 a 30% por las grasas contenidas en los vertidos.

Para las cantidades de grasas en aguas residuales urbanas pueden considerarse cifras de 24g por habitante y día, o bien el 28% de los sólidos en suspensión.

La eliminación de grasas en el momento actual pasa por:

- La deselmusión de las grasa en el arenero mediante aireación, permitiendo su acceso a la superficie y su posterior retirada.
- Separación de grasas residuales en los decantadores o balsas de decatación, retirando éstas por medio de rasquetas superficiales.

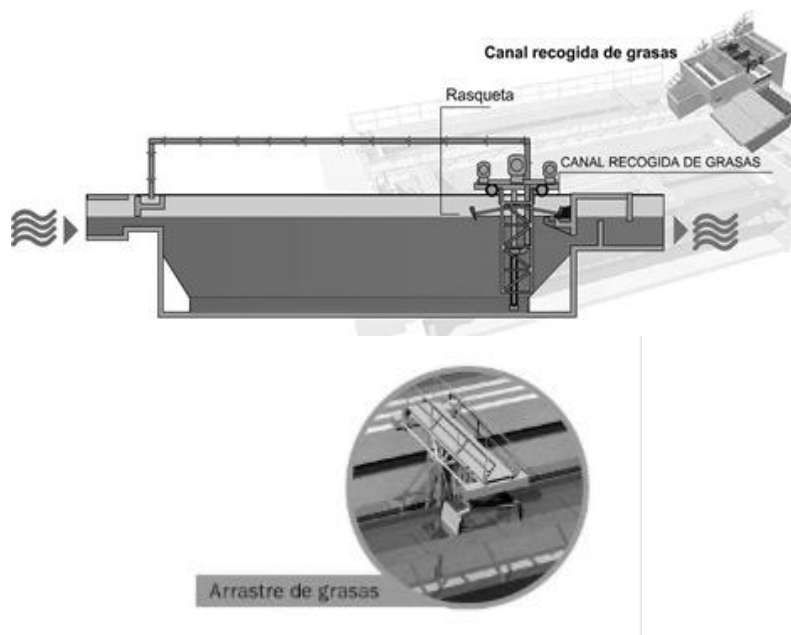


Figura 9. Desarenado y Desengrasado.

2.3.3. Desarenado - desengrasado conjunto.

La primera decisión a la hora de iniciar el dimensionamiento de los procesos de desarenado y desengrasado es elegir entre su realización conjunta o independiente.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

Analizando las interacciones que tienen lugar en la realización conjunta, por medio de la inyección de aire en el desarenador se comprueba que:

- Las velocidades de sedimentación de las arenas y de flotación de las grasas no se modifican prácticamente por su realización conjunta en el mismo depósito, lo cual es lógico dada la diferencia de densidades entre las partículas de arena y grasa.
- El aire comprimido añadido para la desemeulsión ayuda a impedir la sedimentación de las partículas de fango poco densas, por lo que la arena depositada en el fondo del desarenador es más limpia.
- Las partículas de arena, al sedimentar, deceleran las velocidades las velocidades ascensionales de las partículas de grasa. Disponen éstas de más tiempo para ponerse en contacto entre sí durante su recorrido hacia la superficie, aumentándose el rendimiento de flotación de las grasas.
- El efecto producido por las burbujas de aire sobre la limpieza de las partículas con las que entran en contacto, así como la puesta en suspensión de la materia sedimentable no arenosa depositada en el fondo.
- Además, se obtienen otras 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.

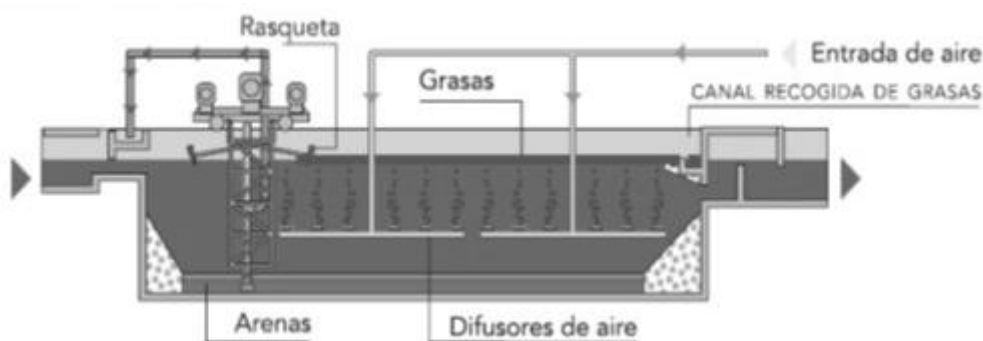


Figura 10. Extracción de arenas.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

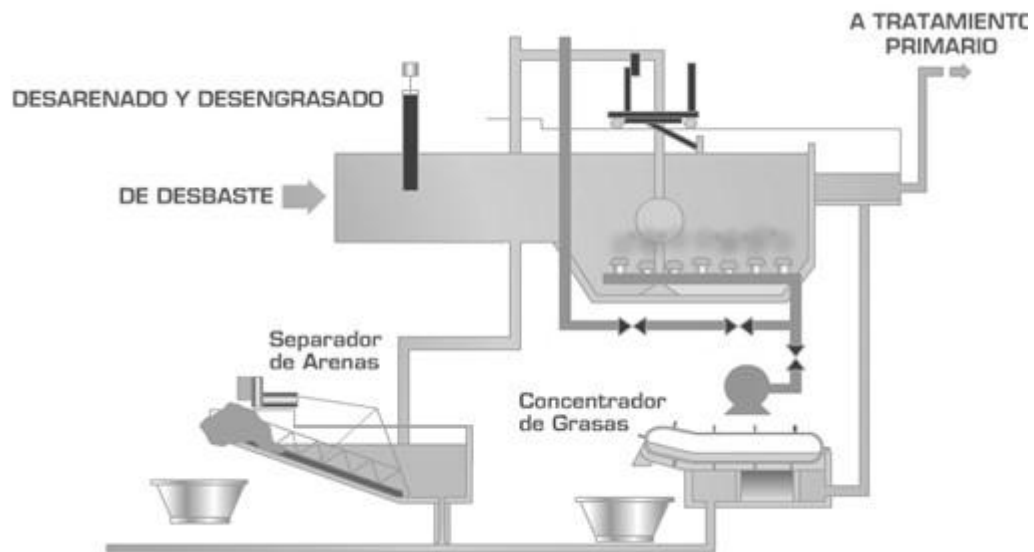


Figura 11. Desarenado – Desengradado.

Por tanto la realización conjunta de los procesos de desarenado y desengrasado en un solo depósito conduce a resultados positivos en los rendimientos de ambos procesos. Además se consigue un ahorro de volumen total necesario para la realización de ambos procesos.

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.

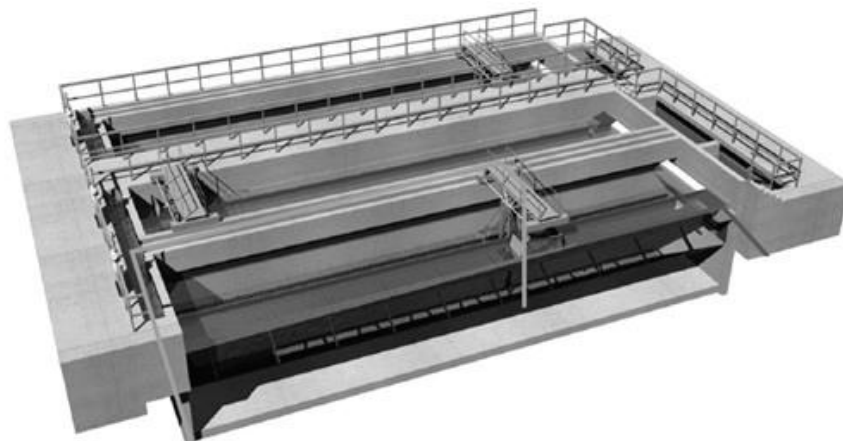


Figura 12.



2.3.4. Solución adoptada. Desarenadores aireados.

La opción más adecuada es la utilización de desarenador aireado conjunto con eliminación de grasas ya que los desarenadores de flujo horizontal son exclusivos de plantas pequeñas y los de sección cuadrada han caído en desuso por los problemas mecánicos que presentan.

Por razones de mantenimiento será necesario su vaciado periódico, por lo que habrá que contar con al menos dos unidades, una operativa y otra de reserva.

- Principales características del desarenador aireado

Un desarenador aireado consiste en un depósito 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 casos: 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.

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.

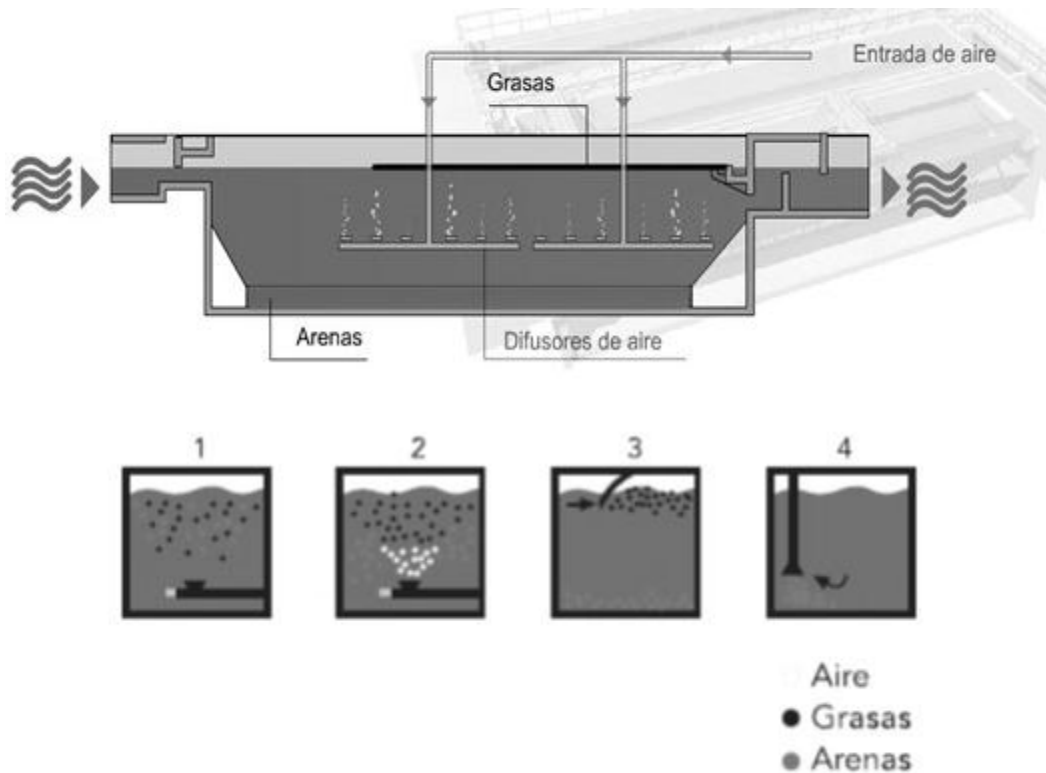


Figura 13. Desarenado – Desengrasado.

2.3.5. Parámetros de diseño.

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 T_r : 8 – 16 min.

Carga hidráulica CH o velocidad ascensional: 15 - 30 $m^3/m^2 \cdot h$.

Caudal de aire Q_{aire} : 0,5 - 1,8 $m^3/m^3 \cdot h$.

Difusor de burbuja media o fina

Los valores escogidos son los siguientes:



PARÁMETROS	VALORES	
	Q_{max}	Q_{med}
Tr (min)	8	16
CH (m/h)	30	15
$Q_{aire}(m^3/m^3 \cdot h)$	1,5	1,5

Tabla 5. Parámetros de diseño del desarenador.

2.3.6. 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^3 .
- 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%.



2.3.7. Dimensionado del desarenador/desengrasador.

Se calculará la superficie horizontal S_h 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 $717 \text{ m}^3/\text{h}$ y la CH de $30 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$.

$$S_h (\text{m}^2) = \frac{Q(\text{m}^3 / \text{h})}{CH(\text{m}^3 / \text{h})} \quad (\text{Ec.15})$$

$$S_h (\text{m}^2) = 717(\text{m}^3/\text{h}) / 30(\text{m}^3/\text{h}) = 23,9 \text{ m}^2$$

- *Caudal medio y CH baja*, tomando para ello el caudal de $417 \text{ m}^3/\text{h}$ y la CH de $15 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$.

$$S_h (\text{m}^2) = 417(\text{m}^3/\text{h}) / 15(\text{m}^3/\text{h}) = 27,8 \text{ m}^2$$

Con el volumen se procederá de la misma manera:

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

$$Vol(\text{m}^3) = Q_{\text{máx}}(\text{m}^3 / \text{h}) \cdot Tr(h) \equiv \frac{Q_{\text{máx}}(\text{m}^3 / \text{h}) \cdot Tr(\text{min})}{60} \quad (\text{Ec.16})$$

$$Vol (\text{m}^3) = 717(\text{m}^3/\text{h}) \cdot 8(\text{min})/60(\text{min}/\text{h}) = 95,6 \text{ m}^3$$

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

$$Vol(\text{m}^3) = Q_{\text{med}}(\text{m}^3 / \text{h}) \cdot Tr(h) \equiv \frac{Q_{\text{med}}(\text{m}^3 / \text{h}) \cdot Tr(\text{min})}{60} \quad (\text{Ec.17})$$

$$Vol (\text{m}^3) = 417(\text{m}^3/\text{h}) \cdot 16(\text{min})/60(\text{min}/\text{h}) = 111,2 \text{ m}^3$$

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

$$H(\text{m}) = \frac{Vol_{\text{máx}}(\text{m}^3)}{S_{h,\text{máx}}(\text{m}^2)} \quad (\text{Ec.18})$$



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

$$H (m) = 111,2 \text{ m}^3 / 27,8 \text{ m}^2 = 4 \text{ m}$$

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 b 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:

$$L = 9,3 \text{ m}$$

Obteniéndose una relación longitud-anchura de 3,1. Por tanto, todos los valores de dimensionado del equipo se encuentran en los rangos típicos.

Finalmente la cantidad de aire vendrá dada por:

$$Q_{\text{aire}} (\text{m}^3/\text{h}) = Vol (\text{m}^3) \cdot 1,5 (\text{m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{h}) \quad (\text{Ec.19})$$

$$Q_{\text{aire}} (\text{m}^3/\text{h}) = 111,2 \text{ m}^3 \cdot 1,5 (\text{m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{h}) = 166,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

A partir de ese valor y el de la superficie se determinará el número de difusores, la distribución de los mismos y el tipo que en este caso serán de difusores de tubo.

Por otra parte, teniendo en cuenta que la cantidad de aire es de $166,8 \text{ m}^3/\text{h}$, y que la capacidad de cada difusor es de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, la cantidad necesaria de estos será:

$$n^{\circ} \text{ difusores} = \frac{Q_{\text{aire}} (\text{m}^3 / \text{h})}{\text{Capacidad}_{\text{difusor}}} \quad (\text{Ec.20})$$

$$n^{\circ} \text{ difusores} = 166,8 / 10 = 17 \text{ difusores.}$$

Y la distancia que habrá entre los mismos será:

$$\text{dist}(m) = \frac{L(m)}{n^{\circ} \text{ difusores}} \quad (\text{Ec.21})$$

$$\text{Dist} = 9,3 / 17 = 0,55 \text{ m}$$

2.4. Residuos generados en el pretratamiento.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

En el desbaste para la evacuación de residuos dispondremos de cintas transportadoras, compactadores y contenedores para cada una de las rejillas.

En las rejillas manuales las basuras retenidas y retiradas mediante un rastrillo, generalmente se depositan sobre un pequeño contenedor, con perforaciones en el fondo para su escurrido y colocado sobre el canal.

En las rejillas automáticas, las basuras retiradas por los peines mecánicos, caen directamente sobre una cinta transportadora, que las envía a los contenedores para su evacuación de la planta. Los contenedores normalmente utilizados son los normalizados municipales con el fin de que puedan ser evacuados por los vehículos de recogida de basura y transportados a vertedero.

Una variante es el prensado o compactado del residuo antes de su evacuación de la depuradora, con el fin de reducir su volumen así como conseguir su escurrido.

Las basuras eliminadas en el desbaste del pretratamiento de una planta depuradora, generalmente son retiradas por los servicios municipales de basuras, recibiendo el mismo tratamiento que los residuos domésticos, ya que tienen una composición relativamente parecida.

Es muy importante que los residuos procedentes del desbaste retirados del agua residual sean evacuados de la estación depuradora diariamente, sobre todo en verano, para evitar su descomposición y en consecuencia la generación de malos olores en las instalaciones.

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 se envía a un lavador para reducir la materia orgánica presente a un mínimo.

En tiempo seco la cantidad de arena en las E.D.A.R. extraída puede estimarse entre 3–4 m³ por cada 100.000 m³ de agua tratada, pero al tratarse de un núcleo urbano rural y con poca lluvia y puntualmente fuertes se considera una producción del doble.

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

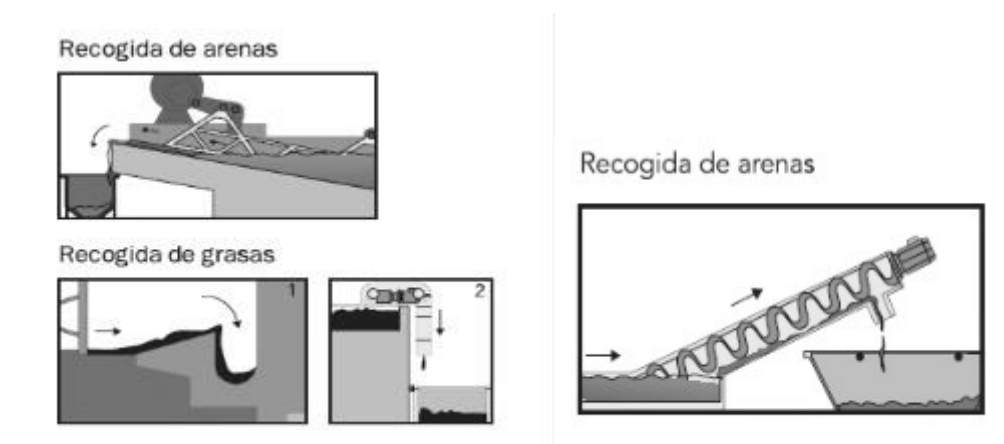


Figura 14. Recogida de residuos.

III.3. TRATAMIENTO PRIMARIO.

El tratamiento primario, también llamado depuración primario, consiste en el proceso de la decantación. Este proceso de decantación es una de las operaciones unitarias más antiguas que se conocen de las empleadas en tratamiento de aguas residuales ya sean urbanas o industriales, así como una de las más utilizadas en la actualidad, siendo un proceso netamente físico de eliminación de sólidos en suspensión por diferencia de densidad, de tal forma que las partículas con mayor densidad que el agua, son separadas por la acción exclusiva de la gravedad.

En estas unidades no se separan aquellos sólidos en suspensión con un tamaño de partícula muy fino ni aquellos otros que se encuentren en estado coloidal, así como los que tengan una densidad igual o inferior a la del agua a tratar. El proceso de decantación es igualmente conocido con el nombre de sedimentación.

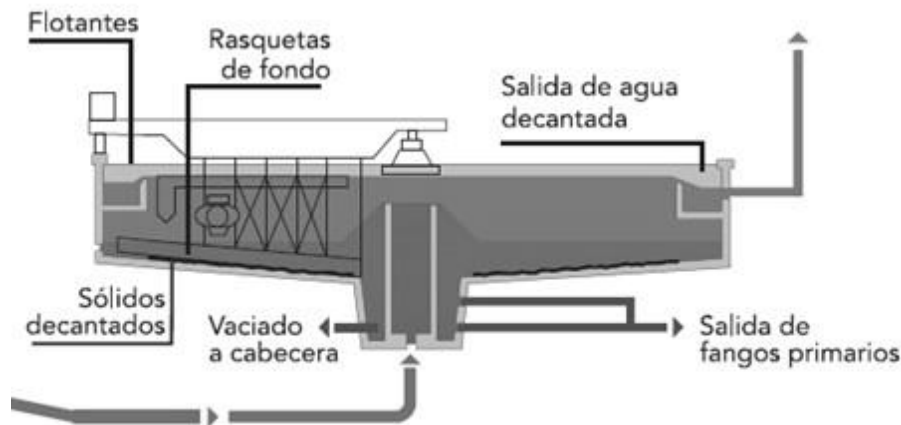


Figura 15. Tratamiento primario.

3.1. Objetivos y fundamentos del proceso.

El objetivo del proceso de decantación es la eliminación de los sólidos en suspensión presentes en un agua residual, obteniéndose un líquido claro sobrenadante en la superficie del equipo y unos sólidos que son extraídos en forma de fangos o lodos, con una concentración más o menos elevada por el fondo del equipo, dependiendo la concentración alcanzada en los fangos y entre otros motivos de la naturaleza de los sólidos presentes en el agua residual, los parámetros utilizados en el diseño de la unidad y del tipo de equipo utilizado.

En aquellos casos que el único contaminante presente en las aguas residuales sean sólidos en suspensión, la decantación se lleva a cabo única y exclusivamente para eliminar este contaminante antes de su vertido al cauce receptor, con el fin de cumplir la normativa legal aplicable.

Con la decantación primaria se consigue:

- 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.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- 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 redunda en unos procesos biológicos posteriores de menor tamaño, y una reducción importante del consumo energético.

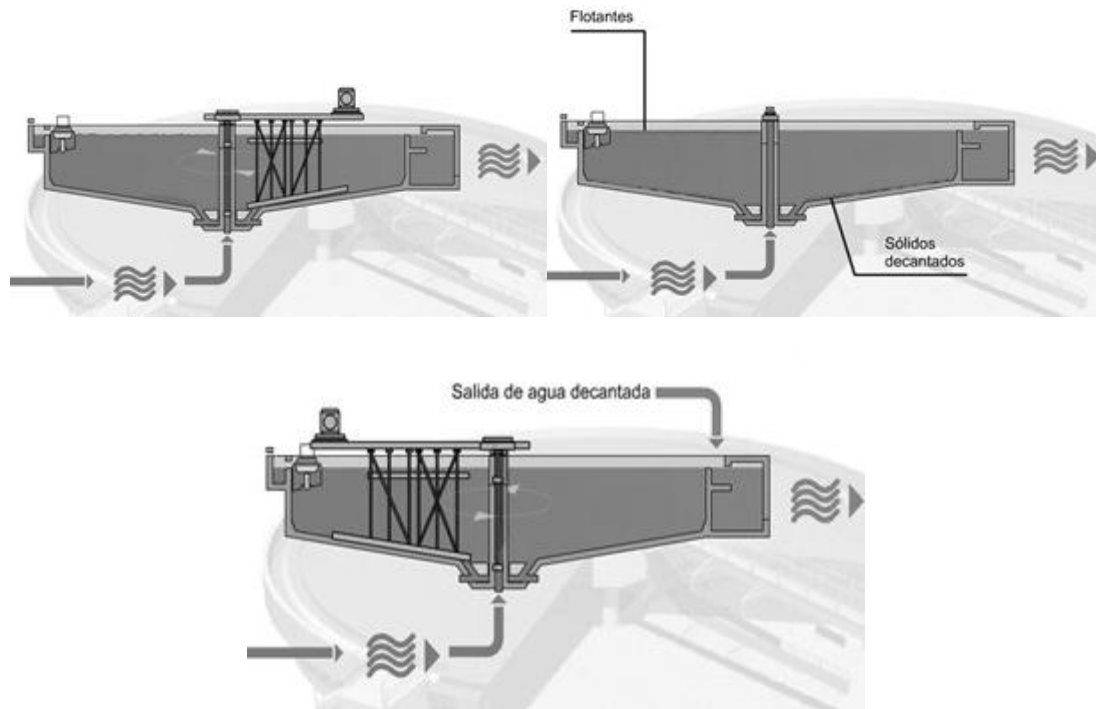


Figura 16. Decantación Primaria.

3.2. Proceso de la decantación primaria.

El proceso de decantación se basa en la diferencia de densidad entre la partícula sólida a separar y el agua, de tal forma que una disminución de la velocidad ascensional del líquido, menor que la de caída del sólido, permite que la materia sedimentable se deposite en el fondo del equipo.

La decantación de partículas y en unas concentraciones en que no existan interferencias entre ellas pueden ser estudiadas mediante las leyes de Newton y Stokes.

La velocidad de caída de las partículas puede ser determinada de forma teórica a partir de la ley de Stokes, ahora bien presenta una serie de problemas como:



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- El peso específico de todas las partículas no es el mismo al tratarse de unos sólidos de diferente composición.
- Las partículas no son esféricas ni de sección circular.
- El tamaño y forma geométrica de las partículas es diferente de unas a otras.

De acuerdo con la problemática que surge en la determinación de la velocidad teórica, en el diseño de los equipos de decantación, la forma habitual de operar es la determinación experimental o selección de una velocidad final de caída de las partículas (V_c) y proceder al dimensionado del tanque, de tal forma que queden eliminadas todas las partículas que posean una velocidad de caída mayor que la velocidad ascensional de agua.

La velocidad final de caída de las partículas se asimila como velocidad ascensional del agua en el decantador, y recibe el nombre de carga hidráulica, que representa la velocidad de desplazamiento del agua en el equipo que se opone a la caída de las partículas, de tal forma que decantaran todas aquellas cuya velocidad de decantación sea superior a la velocidad ascensional y que dispongan de un tiempo de residencia adecuado.

De acuerdo con lo anteriormente indicado, el área de un decantador vendrá dada por:

$$S_h (m^2) = \frac{Q(m^3 / h)}{CH(m / h)} \quad (\text{Ec.22})$$

En función del tiempo de retención hidráulico, el volumen del tanque vendrá dado por:

$$Vol(m^3) = Q(m^3 / h) \cdot Tr(h) \quad (\text{Ec.23})$$

Por otra parte:

$$Vol(m^3) = S_h (m^2) \cdot h(m) \quad (\text{Ec.24})$$

Igualando las dos ecuaciones:

$$h(m) = Q(m^3 / h) \cdot \frac{Tr(h)}{S_h (m^2)} \quad (\text{Ec.25})$$



3.3. Solución adoptada. Decantador circular.

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, y en nuestro caso también adoptaremos esta decisión. Se dispondrá de dos decantadores circulares.

- *Decantador circular*

Los decantadores circulares consisten en una cuba normalmente construida en hormigón, en la cual la alimentación se realiza por la parte central, que dispone de una campana responsable de disipar la energía cinética con que entra el agua en el equipo y la distribución del flujo en todas las direcciones. La salida del agua clarificada se lleva a cabo a través de un vertedero periférico.

Radialmente y pivotando sobre la columna central, se instala un puente giratorio, con el mecanismo de tracción sobre el muro exterior, sobre el cual se desplaza apoyado en ruedas.

Colgando del mencionado puente radial, se encuentran las rasquetas de barrido de fondo que en su avance desplazan los fangos hasta una poceta central desde la que son purgados al exterior. Igualmente del puente cuelga una barredera superficial que arrastra los posibles flotables y espumas hasta una tolva de purga.

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.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

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.

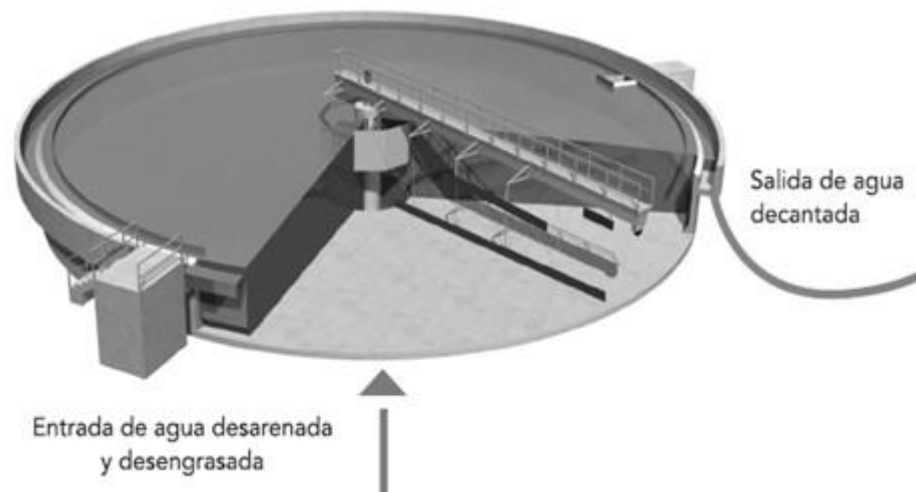


Figura 17. Decantador circular.

3.4. Parámetros de diseño.

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 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$).
- Carga sobre vertedero ($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{h}$).



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- 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 CH: 1,25 - 2,5 m³/m²·h.

Tiempo de retención Tr a Q_{máx}: 1,5 - 2,5 h.

Carga sobre vertedero CV: < 20 m³/m·h.

Los valores escogidos son los siguientes:

PARÁMETROS	VALORES	
	Q _{max}	Q _{med}
Tr (h)	1,5	2
CH (m/h)	2,5	1,5
CV (m ³ /m·h)	< 20	< 20

Tabla 6. Parámetros de diseño decantador primario.



3.5. 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.



Figura 18. Salida de agua decantada.

3.6. Dimensionado del decantador primario.

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.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

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:

$$S_h (m^2) = \frac{Q(m^3 / h)}{CH(m / h)} \quad (\text{Ec.26})$$

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:*

$$S_k (m^2) = 717(m^3/h) / 2,5(m/h) = 286,8 m^2$$

- *Para caudal medio:*

$$S_k (m^2) = 417(m^3/h) / 1,5(m/h) = 278 m^2$$

Como ya se mencionó se dispondrá de dos decantadores de superficie:

$$S_k (m^2) = 286,8/2 = 143,4 m^2$$

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

$$S_h (m^2) = \pi \cdot \frac{D^2 (m^2)}{4} \quad (\text{Ec.27})$$

$$D(m) = \sqrt{\frac{S_h (m^2) \cdot 4}{\pi}} \quad (\text{Ec.28})$$

$$D = 13,52 m$$

Se toma: $D_{comercial} = 14 m$ $S_{real} = 153,94 m^2$

Con lo que se dispondrá de dos decantadores con una superficie de $154 m^2$.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

El volumen del decantador vendrá dado por:

$$Vol(m^3) = Q(m^3/h) \cdot Tr(h) \quad (Ec.29)$$

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:

$$Vol (m^3) = 717(m^3/h) \cdot 1,5(h) = 1075,5 m^3$$

- Para caudal medio:

$$Vol (m^3) = 417(m^3/h) \cdot 2(h) = 834 m^3$$

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:

$$Vol (m^3) = 1075,5 m^3/2 = 537,75m^3$$

La altura de cada equipo será:

$$h(m) = \frac{Vol(m^3)}{S_h(m^2)} \quad (Ec.30)$$

Sustituyendo valores en la expresión anterior, se obtiene:

$$h (m) = 537,5 m^3/ 153,94 m^2 = 3,5 m$$

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

$$CV = \frac{Q_{máx}(m^3/h)}{Perímetro(m) \cdot n^{\circ} decant.} \equiv \frac{Q_{máx}(m^3/h)}{\pi \cdot D \cdot 2} \quad (Ec.31)$$

$$CV = 717 / (\pi \cdot 14 \cdot 2) = 8'15 m^3/h \cdot m$$

Valor inferior a los 20 m³/h·m límite establecidos.



3.7. Residuos generados en la decantación primaria.

Generalmente en el decantador primario se eliminan el 66,66% (2/3) de los sólidos en suspensión y el 33,33% (1/3) de la DBO asociada a los sólidos en suspensión.

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.

Tomando una concentración del 2% la cantidad de fangos a purgar en la decantación primaria (fangos primarios) sería:

$$Q_{dec.primaria} = \frac{SS(Kg_{FANGO} / hab \cdot d) \cdot Población \cdot (2/3) \cdot 100Kg_{agua} / 2Kg_{FANGO}}{\rho_{agua}(Kg / m^3)_{agua}} \quad (Ec.32)$$

$$Q_{dec.primaria} = [0,09 \cdot 40000 \cdot (2/3) \cdot 100] / [2 \cdot 1000] = 120 \text{ m}^3/\text{d} \text{ (al 2\%)}$$

III.4. TRATAMIENTO SECUNDARIO Ó BIOLÓGICO.

4.1. Objetivos y fundamentos del proceso.

El tratamiento secundario (o depuración secundaria) persigue la transformación de la materia orgánica disuelta en sólidos sedimentables que se retiran fácilmente del proceso. Adicionalmente se consigue el atrapamiento de sólidos coloidales y en suspensión. Consta de dos elementos fundamentales:



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

La depuración biológica, propiamente dicha, se realiza en los reactores biológicos. Éstos pueden presentar apariencias muy diversas (circulares, rectangulares, canales...). Para conseguir que entre oxígeno para los microorganismos, y producir la necesaria agitación suele haber electroagitadores superficiales o inyección de aire que sale por domos cerámicos instalados en el fondo y que aportan el aire en forma de burbujas. El aire es captado de la atmósfera por varias soplantes de gran potencia.

La decantación secundaria, se realiza en varios decantadores generalmente circulares dotados de rasquetas que van suspendidas de un puente radial, arrastrando el fango hacia la zona central del decantador, desde donde dicho fango es recirculado mediante bombas sumergibles o tornillos de Arquímedes a la entrada del tratamiento 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.

4.2. Fangos activos y lechos bacterianos.

Los dos métodos principales del proceso biológico son el de fangos activos y el de lechos bacterianos. Las principales ventajas y desventajas de cada uno son las siguientes:

- *Fangos activos*

Las bacterias se encuentran continuamente en movimiento, siendo esencial la agitación mecánica o aireación para conservar la flora en suspensión.

La fauna consiste únicamente en microorganismos.

La masa microbiana se controla purgando el exceso.

Las comunidades de bacterias se distribuyen homogéneamente.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

Más sensible a las oscilaciones de caudal.

Menor tiempo de recuperación si la película biológica queda destruida. (horas)

- *Lechos bacterianos*

Las bacterias quedan unidas de forma fija a los áridos que le sirven de base u otros elementos.

Además de microorganismos existen formas de vida superiores.

El exceso de película biológica queda eliminado por la acción de las propias bacterias, que por la acción anaerobia, al formar gas en las capas profundas, desprende las capas que son arrastradas por las corrientes de agua.

Las distintas comunidades se distribuyen a distintas alturas del lecho, correspondiendo a cada colonia una acción específica y ordenada.

Mayor tiempo de recuperación si la película biológica queda destruida. (15 a 18 días).

Mejores resultados con los vertidos de algunas industrias (mataderos, ind. lácteas)

Menor consumo energético (30 a 70%).

El proceso de fangos activos, que puede considerarse como un sistema ecológico homogéneo constituido principalmente por bacterias, presenta la ventaja fundamental de una más sencilla acción del hombre sobre el proceso, pudiendo modificar de forma más rápida y sencilla las condiciones de funcionamiento, los parámetros del proceso y la puesta en servicio.

Los puntos anteriormente citados y la experiencia acumulada nos dejan ver que, dentro de los diferentes procesos biológicos utilizados en el tratamiento de aguas residuales, el de fangos activos es el generalmente utilizado en todas las plantas depuradoras de aguas residuales urbanas, así como en aquellas industriales con contaminación por materia orgánica biodegradable.



4.3. Solución adoptada. Fangos activos.

4.3.1. Introducción.

El proceso de fangos activos fue desarrollado en Inglaterra en 1.914 por Andern y Lockett y llamado así porque suponía la producción de una masa activa de microorganismos capaz de estabilizar la materia orgánica biodegradable de un agua residual por vía aerobia. En la actualidad se utilizan diferentes versiones del proceso original, pero todas ellas son básicamente iguales. Se conoce también con los nombres de fangos activados y lodos activos.

Consiste en la producción de una masa activa de microorganismos capaz de estabilizar la materia orgánica biodegradable de un agua residual por vía aerobia. En la actualidad se utilizan diferentes versiones del proceso original, pero todas ellas son básicamente iguales.

4.3.2. Objetivos y fundamentos del proceso.

El objetivo fundamental del proceso de fangos o lodos activos es la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual.

El vertido de un agua residual con materia orgánica biodegradable, supone que la reacción biológica va a tener lugar en el cauce receptor, lo que va a suponer el consumo del oxígeno disponible, afectando de forma importante al ecosistema.

Las misiones más importantes asignadas a este proceso, al igual que al resto de los procesos biológicos son:

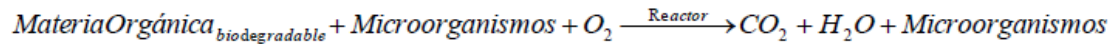
- Eliminación de la materia orgánica biodegradable.
- Cumplir la normativa legal referente a la concentración de DBO.
- Evitar la disminución de la cantidad de oxígeno en el cauce, por el gran impacto que se genera sobre la fauna y flora en el cauce.

En el proceso de fangos activos se lleva a cabo la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual, de igual forma que tiene lugar en la naturaleza, a través de una biomasa o conjunto de microorganismos que la utilizan como sustrato o fuente de alimentación, descomponiéndola vía aerobia.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

La reacción biológica que tiene lugar es la siguiente:



A diferencia de lo que ocurre en la naturaleza, la población de biomasa que se utiliza en el proceso es elevada, lo que conlleva que en unos tiempos reducidos, tenga lugar la eliminación de cantidades importantes de DBO.

Las unidades básicas de que se compone el proceso son:

- Reactor o balsa biológica.
- Decantador secundario (se verá más adelante).

El proceso que tiene lugar sería:

1. El agua residual que llega al sistema es introducida de forma continua en el reactor donde se mantiene una concentración elevada de microorganismos en suspensión.

En esta etapa los microorganismos capturan la materia orgánica biodegradable presente, utilizándola como sustrato o alimentación, provocando su eliminación a través de reacciones biológicas de oxidación y síntesis.

El oxígeno preciso para los microorganismos se introduce mediante el empleo de difusores o bien aireadores mecánicos, que introducen el aire preciso para el proceso, al mismo tiempo que provocan la agitación suficiente para mantener la biomasa en suspensión y en mezcla íntima con el agua a tratar.

2. El agua que está llegando al reactor provoca el desplazamiento de la mezcla agua-biomasa a un decantador instalado a continuación.

En el decantador, los microorganismos se aglomeran sobre pequeñas partículas en suspensión, generando unos flóculos de varios milímetros perfectamente decantables, que sedimentan en el fondo del equipo. Este fango decantado está compuesto fundamentalmente por microorganismos, que se han escapado del reactor biológico.

Para mantener la concentración en el reactor, estos lodos decantados son recirculados de nuevo al reactor y así mantener la población necesaria.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

Ahora bien, en el proceso de síntesis que tiene lugar en el reactor, se están formando nuevos microorganismos, que es preciso purgar y extraer del sistema para trabajar con una población de microorganismos fija.

El agua que sale por el vertedero del decantador, ya se encuentra tratada y es adecuada para su vertido, en el caso de que no disponga de algún otro tipo de contaminación.

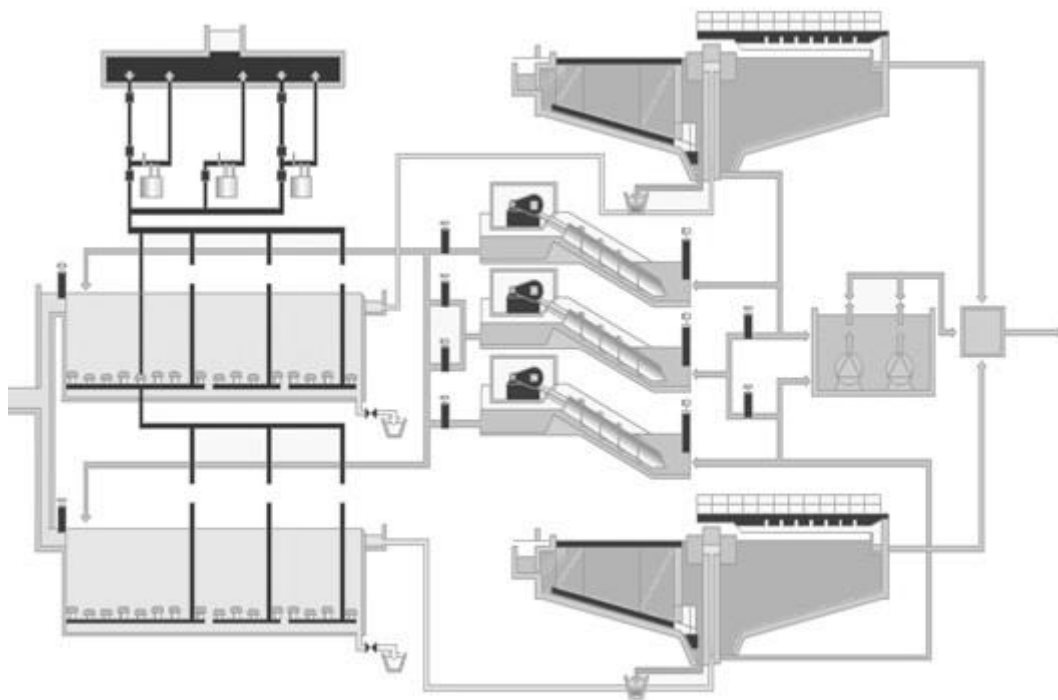


Figura 19. Proceso fangos activos.

De acuerdo con lo indicado anteriormente, en el proceso de fangos activos es de gran importancia, no solo que los microorganismos asimilen en el menor tiempo posible la materia orgánica, sino que formen unos buenos flóculos fácilmente decantables.

El nivel de población o concentración de microorganismos que se debe mantener en el reactor va a depender, entre otros factores de los siguientes:

- Concentración de materia orgánica en la alimentación.
- Tipo de proceso a utilizar.
- Rendimiento que se desee obtener.



Cuando en un proceso de fangos activos, desaparece la materia carbonosa, y se dan las condiciones adecuadas, como temperatura, tiempo de retención, etc., tiene lugar la oxidación vía biológica del nitrógeno amoniacal, transformándolo en un primer paso en nitrito y posteriormente a nitratos.

En la práctica, la nitrificación puede conseguirse en el mismo reactor utilizado en el tratamiento de la materia orgánica carbonosa o bien en un reactor separado dispuesto a continuación de un proceso convencional de fangos activos.

4.3.3. Descripción de los principales procesos de fangos activos.

Del proceso de lodos activos comentado anteriormente, existen una serie de variantes o alternativas, de las cuales las más importantes se comentan a continuación:

- *Proceso convencional*

Al ser la concentración de biomasa constante a lo largo del reactor, al principio del reactor la carga másica es elevada y va disminuyendo hacia el final.

El proceso convencional, corresponde con un modelo de flujo tipo pistón con recirculación de fangos, siendo estos reactores de forma rectangular alargados.

En este caso, el agua residual y los lodos recirculados entran en el reactor biológico por uno de sus extremos saliendo por el opuesto, de tal forma que el agua sale del reactor en la misma secuencia que entro, y en consecuencia el agua y los lodos introducidos conjuntamente están el mismo tiempo en el equipo, existiendo teóricamente mezcla lateral y en profundidad, pero no longitudinal.

Un flujo pistón puro, que no exista mezcla longitudinal es muy difícil de conseguir debido al efecto mezcla que producen los sistemas utilizados para la introducción de aire en el reactor.

- *Reactor de mezcla completa*

Se basa en la mezcla completa y uniforme, a lo largo de todo el reactor, manteniéndose unas condiciones de concentración constantes a lo largo de toda la unidad. Para ello el agua de alimentación y el fango de recirculación se introducen a lo largo del reactor y se dispone de una agitación adecuada.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

La característica más importante de este sistema, es que la carga orgánica, la concentración de biomasa y la demanda de oxígeno son constantes a lo largo de toda la unidad. Este sistema de trabajo, tiene como ventaja que se adapta muy bien a variaciones de caudal y/o contaminación en la alimentación.

- *Alimentación escalonada*

Es básicamente un proceso de flujo pistón, en donde el agua residual se introduce en varios puntos a lo largo del depósito con el fin de uniformar la demanda de oxígeno dentro del reactor.

En este sistema la carga másica permanece constante a lo largo de todo el reactor.

- *Contacto estabilización*

La eliminación de la DBO en los procesos biológicos tiene lugar en dos etapas.

Adsorción de la mayor parte de la materia orgánica por la biomasa.

Oxidación y síntesis de la materia orgánica absorbida en la fase anterior.

La primera etapa es relativamente rápida, entre 30 y 40 minutos, mientras que la segunda lleva varias horas.

Basándose en lo anteriormente indicado, el influente se mezcla con el lodo activo recirculado y aireado en un tanque durante un tiempo reducido, pasando a continuación a decantación secundaria, donde se separa el agua tratada. El fango a recircular, antes de su mezcla con el agua, se introduce en un segundo tanque denominado de estabilización, durante 2-3 horas, produciéndose la síntesis y oxidación de la materia orgánica absorbida.

Con este proceso se obtiene muy buenos resultados en el tratamiento de aguas residuales urbanas

- *Aireación prolongada u Oxidación total*

En este proceso la aireación se prolonga en el reactor biológico durante al menos 24 horas, trabajando en fase de respiración endógena y con cargas másicas muy bajas, obteniéndose en consecuencia rendimientos elevados. Igualmente produce una menor cantidad de fangos y



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

estos se encuentran muy mineralizados lo que simplifica de forma importante la línea de tratamiento de lodos.

La concentración de sólidos en suspensión suele ser elevada.

Al trabajar con cargas másicas muy bajas en este proceso se va a producir una nitrificación total del nitrógeno amoniacal presente en el agua residual.

Como contrapartida, el consumo energético es elevado, al precisar de 2 a 3 Kg de O₂ por Kg de DBO eliminada.

Debido a que una parte muy importante de la biomasa se oxida y en consecuencia se obtienen menores volúmenes de fangos, así como muy mineralizados, el tratamiento de lodos se reduce a un mínimo. Este tipo de sistema se utiliza fundamentalmente en plantas pequeñas, adaptándose muy bien a las variaciones diarias de caudal y composición.

Este sistema de tratamiento se conoce también con el nombre de oxidación total.

- *Aireación graduada*

En el proceso convencional, la demanda de oxígeno es más elevada a la entrada del tanque, donde el agua y el fango recirculado entran en contacto por primera vez, disminuyendo progresivamente a medida que el agua avanza dentro de él.

El proceso de aeración graduada pretende ajustar el oxígeno introducido en el sistema a las necesidades reales en cada zona del mismo, variando a lo largo de la unidad, evitando una sobreaireación al comienzo y consiguiendo un ahorro energético.

4.3.4. Solución adoptada. Oxidación total.

Se emplearán dos reactores adosados a un tanque anóxico para la desnitrificación. El proceso de fangos activos empleado será el de aireación prolongada u oxidación total.

Como anteriormente habíamos dicho en esta variante se emplean tiempos de retención hidráulica y de retención celular muy elevados. Así, el fango llega a estabilizarse aeróbicamente debido a los prolongados periodos de aireación y el desequilibrio entre la



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

cantidad de fango en el tanque y la cantidad de materia orgánica que llega, ya que se trabaja con valores de carga másica muy bajos.

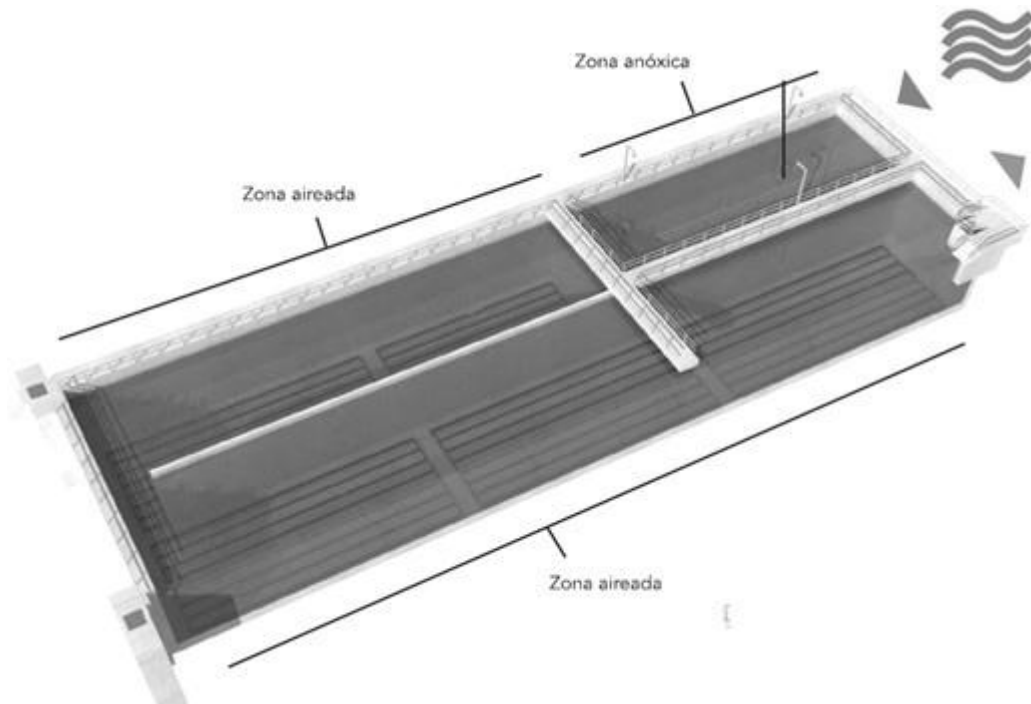


Figura 20. Oxidación total.

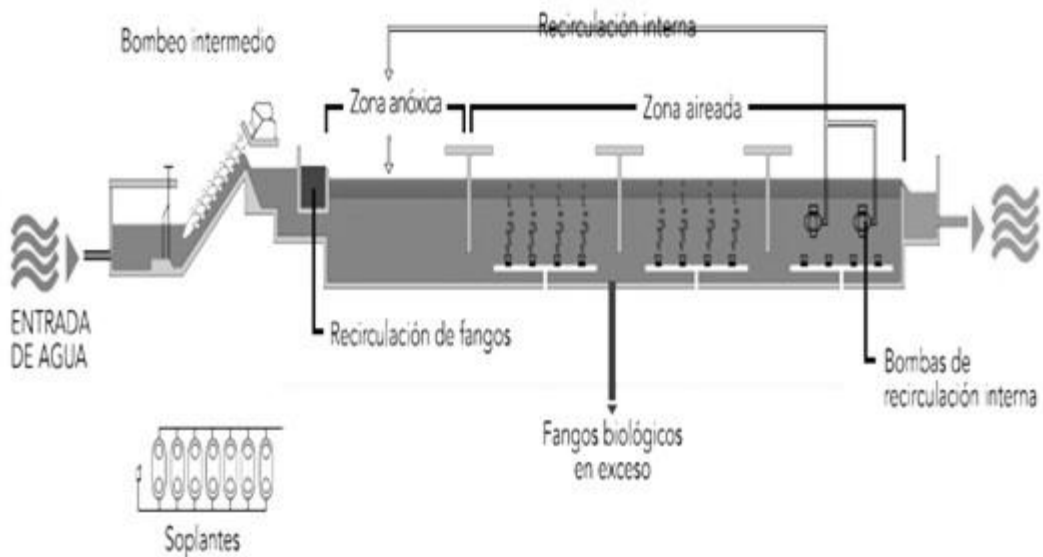


Figura 21. Proceso de Oxidación total.



4.3.5. Parámetros de diseño.

Los parámetros y conceptos más utilizados en los procesos de fangos activos para el diseño son los siguientes:

- *MLSS Y MLVSS*

En el reactor biológico, se dispone de una mezcla de agua y unos sólidos en suspensión (la mayor parte biomasa).

Los MLSS (sólidos en suspensión en el licor mezcla), es la concentración en ppm de los sólidos en suspensión presentes en el reactor biológico.

Debido a la mayor facilidad de control de la concentración de biomasa en el reactor, ésta se lleva a cabo mediante análisis de los MLSS. Es de indicar que no todos los MLSS son biomasa, ahora bien como la relación entre biomasa/MLSS es prácticamente constante en cada instalación, el control de la población se puede llevar a través de la concentración de MLSS.

- *CARGA MÁSCICA (CM)*

Es la relación entre alimentación por día (materia orgánica biodegradable) que entra en el reactor y biomasa que se tiene en el sistema.

La CM viene representada por el cociente entre la cantidad de DBO que se introduce en el sistema por día y la masa de microorganismos existentes en el reactor. Se expresa en Kg de DBO en el influente en un día por Kg de biomasa en el tanque de aeración.

La mayoría de las ocasiones se encuentra en la bibliografía datos de carga másica en función de los MLVSS o bien de los MLSS del sistema, en lugar de frente a la biomasa, debido a la mayor facilidad de determinación de estos últimos parámetros y en consecuencia una mayor facilidad de control de la instalación:

$$CM = \frac{\text{Kg DBO/d}}{\text{Kg MLSS}} = \frac{\text{Kg DBO/d}}{\text{Kg Biomasa}} = \frac{\text{Kg DBO/d}}{\text{Kg Fango}} \quad (\text{Ec.33})$$

En función de la carga másica utilizada, los diferentes procesos biológicos se pueden clasificar:



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- Alta carga, cuando $CM > 0,5$
- Media carga, para CM entre 0,5 y 0,2
- Baja carga, cuando $CM < 0,2$

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

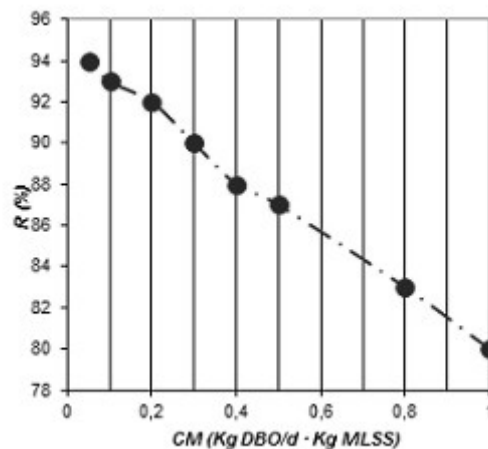


Figura 22. Relación entre carga másica y rendimiento.

Para el cálculo de CM es necesario conocer previamente el rendimiento requerido. Este parámetro se define como la relación entre la materia orgánica eliminada, DBO_5 ($So - Se$) y materia orgánica influente (Se). Se expresa en %.

$$R = \frac{So - Se}{So} \quad (Ec.34)$$

So = valor de DBO típico del agua contaminada (valor de entrada = valor influente)

Se = valor requerido de DBO (valor de salida = valor del efluente)

El rendimiento global será:

$$R = (300 - 25) / 300$$

$$\eta = 91.66\%$$



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

Debido a que se tiene que calcular CM en el reactor biológico, se obtendrá el rendimiento requerido para esta parte del proceso, es decir, se tendrá en cuenta que en el decantador primario se ha eliminado un 33% de la DBO₅ inicial, con lo cual:

$$S_o = 300 - (0,33 \cdot 300) = 201.$$

$$\eta = (201 - 25) / 201.$$

$$\eta = 87,56\%$$

Con este valor, se obtendría una CM de $\approx 0,4 \text{Kg DBO/d} \cdot \text{KgMLSS}$.

Sin embargo, como en este proceso se va a realizar una desnitrificación, es necesario trabajar en oxidación total, con lo cual se tendrá que CM será de 0,1 y el rendimiento real del proceso biológico será del 93%.

Así por tanto, se obtiene un rendimiento de aproximadamente 93%.

- CARGA VOLUMÉTRICA (CV)

Viene indicada por la relación existente entre los Kg de DBO que se introducen en el tanque de aireación por día y el volumen del tanque de aeración.

$$CV = \frac{\text{KgDBO} / \text{d} (\text{Kg} / \text{d})}{\text{Vol} (\text{m}^3)} \quad (\text{Ec.35})$$

Este valor es menos representativo que la CM indicada anteriormente, y se utiliza para comprobar el volumen del reactor calculado a partir de la carga másica.

En función de la carga volumétrica utilizada los procesos se pueden clasificar:

- Alta carga, cuando $CV > 1,5$
- Carga media, entre 1,5 y 0,6
- Baja carga, entre 0,6 y 0,35
- Muy baja carga $< 0,35$

Este último valor, solo se produce en el proceso de oxidación total o aireación prolongada.



4.3.6. Normas generales de diseño del reactor biológico.

- Los reactores biológicos son balsas construidas en hormigón de sección generalmente rectangular.
- La profundidad en el caso de utilizar difusores varía entre 4 y 6 m, con el fin de obtener unos buenos rendimientos de transferencia de oxígeno.
- La salida del reactor debe hacerse a través de un vertedero transversal, que ocupe toda la anchura del reactor, protegido por un deflector, con el fin de que no se escapen las espumas que los aireadores puedan producir.
- Los difusores se colocan en el fondo de la balsa mediante una red de colectores de aire anclados en la solera.
- Es interesante la instalación de medidores de oxígeno en la balsa para conocer el nivel del mismo en el reactor.

El elemento primario de suministro de aire a los difusores generalmente son soplantes, siendo aconsejable la instalación de tres unidades, de tal forma que cada una suministre el 50% del caudal y una de ellas sea de reserva.

4.3.7. Dimensionado del reactor biológico.

Para el correcto dimensionado o dimensionamiento del tanque del reactor y de los equipos de aireación vamos a desarrollar los siguientes elementos fundamentales:

- Volumen del tanque de aireación
- Necesidades de oxígeno
- Producción de fangos en exceso
- Recirculación de fangos



4.3.7.1. Volumen del tanque de aireación.

El volumen del tanque de aireación se puede determinar a partir de la carga másica del sistema, y de la concentración de MLSS (ver tabla siguiente) de acuerdo con la ecuación:

$$Vol(m^3) = \frac{L(kg/d)}{CM(d^{-1}) \cdot X(kg/m^3)} \quad (Ec.36)$$

Para ello obtenemos primero el valor de L mediante la siguiente expresión:

$$L(kg/d) = \frac{DBO5(g/hab \cdot d) \cdot Población(hab)}{1000 \frac{g}{kg}} \quad (Ec.37)$$

$$L = (75 \cdot 40000) / 1000 = 3000 \text{ Kg DBO/día}$$

Debido a que en el decantador primario se ha eliminado el 66,66% (2/3) de los sólidos en suspensión y el 33,33% (1/3) de la DBO asociada a los sólidos en suspensión, el valor de L será:

$$L = 3000 - (3000 \cdot 1/3) = 2000 \text{ Kg DBO/día}$$

Se toma un valor de 4250mg/l, valor medio recogido en tablas para aireación prolongada. Por lo que sabiendo que 1000mg/l = 1kg/m³.

$$X = 4,25 \text{ kg/m}^3$$

PARÁMETROS DE CÁLCULO DE PROCESOS DE FANGOS ACTIVOS			
PROCESO	CM (KgDBO/KgMLSS·d)	CV (KgDBO/d·m ³)	MLSS (mg/l) = X (Kg/m ³)·1000
Convencional	0,2-0,4	0,3-0,7	1.500-3.500
Mezcla Completa	0,2-0,6	0,6-1,4	2.000-5.000



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

Aireación Prolongada	0,1-0,5	0,15-0,35	2.500-6.000
Oxígeno	0,2-1,0	1,2-3,5	4.000-8.000

Tabla 7. Parámetros de cálculo de lodos activos.

$$Vol(m^3) = \frac{L(kg/d)}{CM(d^{-1}) \cdot X(kg/m^3)} \quad (Ec.38)$$

$$Vol(m^3) = 2000 / 4,25 \cdot 0,1 = 4705,88 = 4706 m^3$$

Emplearemos dos tanques de aireación:

$$Vol(m^3) = 4706 / 2 = 2353 m^3 \text{ cada tanque}$$

La altura del tanque a emplear, varía normalmente entre 4 y 6 metros. En este caso se empleará una profundidad de 5 m, con lo cual, la superficie de cada tanque será la siguiente:

$$S(m^2) = \frac{Vol(m^3)}{H(m)} \quad (Ec.39)$$

$$S(m^2) = Vol(m^3)/H(m) = 2353 / 5 = 470,6 m^2 \text{ cada tanque}$$

Cada reactor se dividirá en tres zonas delimitadas de iguales dimensiones, a través de las cuales fluirá el caudal de agua de una zona a la siguiente. El ancho de cada canal no debe ser superior a los 8 m, tomándose en nuestro caso un ancho de 6 m. Por tanto, al disponerse tres canales en serie de anchura 6 m cada uno, el ancho total de cada tanque será de 18 m:

$$A_{total} = 3 \cdot A_{canal} = 3 \cdot 6 = 18 m$$

$$S(m^2) = Long \cdot A \quad (Ec.40)$$

$$Long = S/A = 470,6/18 = 26,15 m$$

A partir del volumen obtenido para el reactor, puede determinarse el tiempo de residencia hidráulico, de acuerdo con:



$$Vol(m^3) = Q_{med}(m^3/h) \cdot Tr(h) \rightarrow Tr(h) = \frac{Vol(m^3)}{Q(m^3/h)} \quad (Ec.41)$$

Obteniéndose;

$$Tr(h) = (2353/208,5) = 11,3 \text{ h}$$

Es importante tener en cuenta que en el proceso de fangos activos, el tiempo de residencia hidráulico, es diferente al tiempo de residencia celular, debido a la recirculación de biomasa al reactor, lo que conlleva que los microorganismos estén mayor tiempo en el sistema.

Se comprueba que el que el valor obtenido este dentro de rango para este parámetro.

4.3.7.2. Necesidades de oxígeno.

El oxígeno aportado para la eliminación de la DBO, se va a utilizar en los siguientes procesos:

- Síntesis de nuevo material celular.
- Respiración endógena de la biomasa presente en la balsa de oxidación.
- Oxidación del nitrógeno amoniacal en aquellos procesos que haya nitrificación.

La cantidad de oxígeno diario preciso para el proceso, OR (Oxígeno Requerido), puede determinarse a través de las dos ecuaciones siguientes

$$OR(kg/d) = a \cdot L \cdot \frac{R}{100} + b \cdot Vol \cdot X \quad (Ec.41)$$

El primer término determina las necesidades de oxígeno para los procesos de síntesis y el segundo las correspondientes a respiración endógena.

Los valores de a y b en función de la carga másica del sistema biológico se indican en la tabla siguiente: (Valores de los coeficientes de síntesis y respiración endógena)



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

CARGA MÁSCICA CM	A	B
1	0,500	0,136
0,7	0,500	0,131
0,5	0,500	0,123
0,4	0,530	0,117
0,3	0,555	0,108
0,2	0,590	0,092
0,1	0,652	0,066
0,05	0,660	0,041

Tabla 8. Parámetros Oxidación Total.

En este caso, como se tiene una CM= 0.1 \rightarrow a= 0,652 y b= 0,066.

En este caso, en el influente existe nitrógeno amoniacal y tiene lugar una nitrificación total del mismo, por lo que el oxígeno requerido vendrá dado por:

$$OR(kg/d) = a \cdot L \cdot \frac{R}{100} + b \cdot Vol \cdot X + 4,3 \cdot L_N \quad (\text{Ec.42})$$

El último término corresponde al oxígeno preciso para la oxidación del nitrógeno amoniacal.

La cantidad teórica para la oxidación total del nitrógeno amoniacal es próxima a 4,6 utilizándose habitualmente el valor indicado anteriormente de 4,3 puesto que una parte del nitrógeno se emplea en reacciones de síntesis en la formación de nuevos microorganismos y en consecuencia no es oxidado.

$$L_N = N_{amoniacal} \left(\frac{Kg}{hab.d} \right) \cdot Población (hab) \quad (\text{Ec.43})$$

($N_{amoniacal}$ es la aportación per cápita de la contaminación)

El oxígeno necesario calculado por las fórmulas anteriores, se ha obtenido para valores medios de caudal y DBO (al tratarse de necesidades diarias). Como es conocido, en las plantas residuales urbanas e industriales, hay unas variaciones muy importantes del caudal y de la carga orgánica a lo largo del día, lo que lleva consigo una variación importante de las



necesidades puntuales de oxígeno. En el diseño de las unidades biológicas habrá que tener muy en cuenta estas puntas de contaminación.

La corrección del consumo de oxígeno debido a las puntas de caudal y composición, deberá realizarse sobre el primer término de la ecuación, ya que el segundo, al corresponder a la respiración endógena, y ser función de la cantidad de biomasa presente en el reactor, no se verá afectado al permanecer esta constante.

Para un agua residual urbana, en un proceso convencional, el coeficiente corrector utilizado se encuentra aproximadamente en 1,9 en el primer término, sin embargo, en oxidación total el coeficiente que se suele tomar es de 1,2 a 1,3, ya que la balsa que se obtiene de los cálculos es muy grande, consiguiéndose la función de homogeneización.

$$OR(kg/d) = 1,25 \cdot a \cdot L \cdot \frac{R}{100} + (b \cdot Vol \cdot X) + 4,3 \cdot L_N \quad (\text{Ec.44})$$

$$OR = [1,25 \cdot 0,652 \cdot 2000 \cdot 0,93] + [0,066 \cdot (2 \cdot 2353) \cdot 4,25] + [4,3 \cdot (0,004 \cdot 40000)]$$

$$OR = 1515,9 + 1320,03 + 6888 = 3524 \text{ Kg/d}$$

4.3.7.3. Producción de fangos en exceso.

Como ya se ha indicado anteriormente, una parte de la materia orgánica eliminada por el sistema se utiliza en síntesis de nuevos microorganismos, lo que supone generación de sólidos en suspensión, eliminados como fangos en la decantación secundaria y que para mantener el sistema en equilibrio hay que purgar del sistema.

Los fangos a purgar diariamente coinciden con la biomasa generada en dicho periodo de tiempo, una vez que el sistema está en equilibrio.

La cantidad de fangos a purgar $G_{\text{FANGOS } 2^{\circ}}$, puede determinarse mediante la fórmula empírica de *Huisken*, que se indica a continuación:

(nota: $Q \rightarrow$ caudal volumétrico $G \rightarrow$ caudal másico)



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

$$G_{FANGOS 2^a} (kg / d) = 1,2 \cdot L_{efec} \cdot CM^{0,23} = 1,2 \cdot (L \cdot R) \cdot CM^{0,23} \quad (Ec.45)$$

$$G_{FANGOS 2^a} = 1,2 \cdot (2000 \cdot 0,93) (0,1)^{0,23} = 1314,3 \text{ Kg/d}$$

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:

$$\begin{aligned} Q_{FANGOS 2^a} &= \frac{G_{FANGOS 2^a} (Kg_{FANGO} / d)}{\rho_{agua} (Kg_{AGUA} / m^3)} \cdot \frac{100}{R(\%)(Kg_{FANGO} / Kg_{AGUA})} = \\ &= \frac{G_{FANGOS 2^a} (Kg_{FANGO} / d)}{\rho_{agua} (Kg_{AGUA} / m^3)} \cdot \frac{100(Kg_{AGUA})}{R(\%)(Kg_{FANGO})} \end{aligned} \quad (Ec.46)$$

$$Q_{FANGOS 2^a} = (1314,3 / 1.000) \cdot (100 / 0,6) = 219,05 \text{ m}^3 / \text{d}$$

4.3.7.4. Recirculación de fangos.

Con el fin de mantener una concentración apropiada de biomasa en la balsa biológica, es necesaria la recirculación de los fangos, biomasa, separados en el decantador secundario

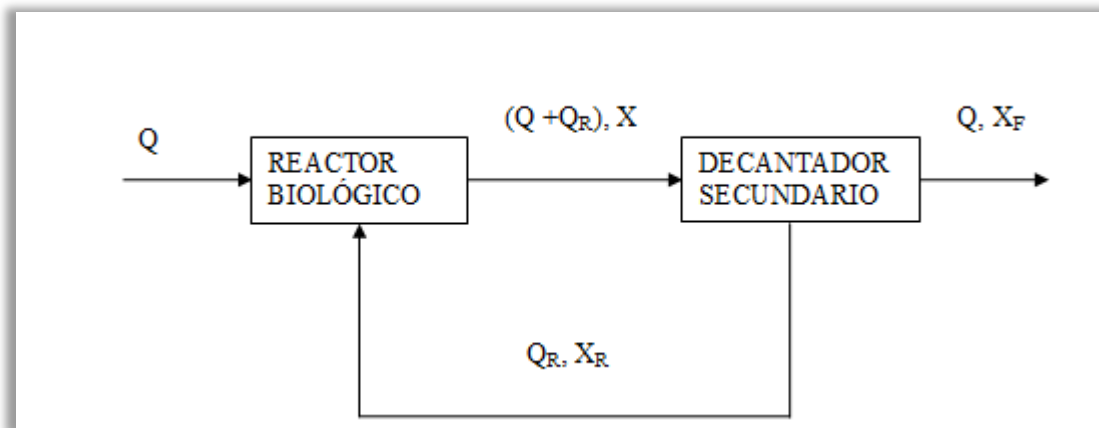


Figura 23. Esquema

El caudal de recirculación, puede determinarse a partir de la realización de un balance de materia en el decantador, resultando:

$$(Q + Q_R) \cdot X = Q_R \cdot X_R + Q \cdot X_F \quad (Ec.47)$$



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

Q = Caudal de agua residual a tratar (en m^3/h)

X = Concentración de fangos de entrada al reactor (Kg/m^3)

Q_R = Caudal de fangos recirculados (en m^3/h)

X_R = Concentración de fangos recirculados (Kg/m^3)

X_f = Concentración de fangos con destino al procesamiento de lodos (Kg/m^3)

Debido al bajo valor de X_f frente a X y X_R , el último término de la ecuación puede despreciarse, quedando la ecuación anterior:

$$(Q + Q_R) \cdot X = Q_R \cdot X_R$$

$$Q \cdot X + Q_R \cdot X = Q_R \cdot X_R \rightarrow Q_R = \frac{Q \cdot X}{X_R - X} \quad (\text{Ec.48})$$

Sabiendo además que la concentración de fangos recirculados, aún siendo variable a lo largo del tiempo, puede tomar para nuestro caso de desnitrificación un valor como máximo de 8.000 mg/l para decantador secundario de extracción central y 6.000 mg/l para decantador secundario de succión.

Optamos por tomar $X_R = 6000 \text{ mg/l} = 0,006 \text{ kg/l} = 6 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 0,6\%$

Tenemos por tanto:

$Q = 208,5 \text{ m}^3/h$ (en cada una de las dos líneas).

$X = 4500 \text{ mg/l} = 4,5 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 0,45\%$

$X_R = 6000 \text{ mg/l} = 6 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 0,6\%$

Despejando Q_R se obtiene:

$$Q_R = \frac{Q \cdot X}{X_R - X}$$

$208,5 \cdot 4,5 / (6 - 4,5) = 625,5 \text{ m}^3/h$ por tanque



Desde un punto de vista práctico de control en plantas depuradoras, la determinación del caudal de recirculación, se determina a partir del índice volumétrico de fangos (IVF), definido como el volumen en ml ocupado por un gramo de MLSS después de un tiempo de decantación de 30 minutos.

La recirculación en procesos de carga másica media, el valor de la recirculación suele estar comprendido entre el 50 y el 100% del caudal de agua tratada. Para los procesos de baja carga, la recirculación varía entre 100 y 200%.

Debe tenerse muy en cuenta que los fangos biológicos decantados, deben ser recirculados tan pronto como se obtengan, ya que por su naturaleza tienen tendencia a descomponerse si el tiempo de retención es elevado. Debido a que esta descomposición se lleva a cabo de forma anaerobia, hay desprendimientos de malos olores, así como que los gases producidos, al subir hacia la superficie de los decantadores secundarios pueden arrastrar sólidos deteriorando la calidad del efluente final de la planta depuradora.

Igualmente y sobre todo en procesos donde existe nitrificación, puede dar lugar en el fondo de los decantadores al proceso de desnitrificación, con formación de burbujas de nitrógeno que dan lugar a una problemática similar a la indicada anteriormente.

Es muy importante en la explotación de los sistemas biológicos, el control tanto de la recirculación como de la purga de fangos, con el fin de mantener la concentración precisa de biomasa en el reactor y en consecuencia obtener los resultados previstos.

4.3.8. Dimensionado de los 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.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- 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

- *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.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- 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 o 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 m³ 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.

Para calcular la transferencia en agua limpia, en primer lugar es necesario obtener la profundidad. Cuanto mayor es la profundidad mayor será la transferencia. En el diseño de esta instalación se dispondrá de dos tanques dotados de 5m de profundidad cada uno. Introduciéndose con este valor en las gráficas, se obtiene un valor de transferencia E_o aproximadamente de 32,5%, pero que mediante el coeficiente de corrección, que es de aproximadamente 0,7, se obtiene un valor final del 22,75%.

Anteriormente se obtuvo que las necesidades de oxígeno necesarias en ambos tanques (total) era OR = 3524 Kg/d en total, de forma que:

$$OR(Kg / h) = \frac{OR(Kg / d)}{24 h/d} \quad (Ec.48)$$

$$OR (Kg/h) = 3524 / 24 = 147 \text{ Kg/ h}$$

$$OR_{real}(Kg / h) = OR(Kg / h) \cdot \frac{100}{Eo(\%)} \quad (Ec.49)$$

$$OR_{real} = 147 \cdot 100/22,75 = 646,15 \text{ Kg/h reales de oxígeno}$$

Sin embargo este oxígeno se obtiene a partir de aire, de forma que sabiendo que éste está contenido en un 20,95 % volumétrico, equivalente a un 23,16 % másico:



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

$$1 \text{ mol}_{\text{aire}} \rightarrow 0,2095 \text{ moles}_{\text{O}_2} \equiv 28,95 \text{ Kg}_{\text{aire}} \rightarrow 6,704 \text{ Kg}_{\text{O}_2}$$
$$\frac{6,704 \text{ Kg}_{\text{O}_2}}{28,95 \text{ Kg}_{\text{aire}}} = 23,16\% \text{ másico O}_2 \times \text{aire} \quad (\text{Ec.50})$$

$$m_{\text{aire}} (\text{Kg} / \text{h}) = OR_{\text{real}} (\text{Kg} / \text{h}) \cdot \frac{100 \text{ kg}_{\text{aire}}}{23,16 \text{ kg}_{\text{O}_2}} \quad (\text{Ec.51})$$

$$m_{\text{aire}} = 646,15 \cdot 100 / 23,16 = 2790 \text{ Kg/h}$$

Finalmente, se obtiene el volumen necesario de aire:

$$Q_{\text{aire}} (\text{m}^3 / \text{h}) = \frac{m_{\text{aire}}}{\rho_{\text{aire}}} \quad (\text{Ec.52})$$

$$Q_{\text{aire}} = (2790 \text{ Kg/h}) / (1,3 \text{ Kg/m}^3) = 2146,15 \text{ m}^3/\text{h} \text{ de aire}$$

Para el cálculo del número de difusores, teniendo en cuenta el caudal de aire necesario y que cada difusor tiene una capacidad de 4 m³/h:

$$n^{\circ} \text{ difusores} = \frac{Q_{\text{aire}} (\text{m}^3 / \text{h})}{\text{capacidad}_{\text{difusor}} (\text{m}^3 / \text{h})} \quad (\text{Ec.53})$$

$$n^{\circ} \text{ difusores} = (2146,15 \text{ m}^3/\text{h} \text{ aire}) / (4 \text{ m}^3/\text{h} \text{ aire}) = 536,54 \rightarrow 538 \text{ difusores}$$

Por tanto habrá 269 difusores por tanque, redondeados a 270 para una mejor distribución.

Conociendo el número de difusores por tanque, las dimensiones de cada tanque, la relación típica en la distribución de los difusores en cada uno de los tres canales (Nº difusores longitudinalmente / Nº difusores transversalmente = 1 a 5,5), y la forma en que se distribuye el número total de difusores en cada canal se obtendrá la siguiente distribución de difusores por tanque:

- **1^{er} canal: 40% de los difusores**

$$N^{\circ} \text{ difusores } 1^{\text{er}} \text{ canal} = 270 \cdot 0,40 = 108 \text{ difusores.}$$

$$N^{\circ} \text{ filas de difusores} = 9 \text{ filas.}$$

$$N^{\circ} \text{ columnas de difusores} = 12 \text{ columnas.}$$



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

$$12/9 = 1,33$$

- **2º canal: 35% de los difusores**

$$N^{\circ} \text{ difusores } 2^{\circ} \text{ canal} = 270 \cdot 0,35 = 95 \text{ difusores.}$$

$$N^{\circ} \text{ filas de difusores} = 5 \text{ filas.}$$

$$N^{\circ} \text{ columnas de difusores} = 19 \text{ columnas.}$$

$$19/5 = 3,8$$

- **3^{er} canal: 25% de los difusores**

$$N^{\circ} \text{ difusores } 3^{\text{er}} \text{ canal} = 270 \cdot 0,25 = 68 \text{ difusores.}$$

$$N^{\circ} \text{ filas de difusores} = 4 \text{ filas.}$$

$$N^{\circ} \text{ columnas de difusores} = 17 \text{ columnas.}$$

$$17/4 = 4,25$$

En resumen, se instalarán $68+95+108 = 271$ difusores por tanque, con lo cual el caudal de aire por difusor será:

$$n^{\circ} \text{ difusores}_{\text{final}} = \frac{Q_{\text{aire}}(m^3 / h)}{\text{capacidad}_{\text{difusor}}(m^3 / h)} \rightarrow \text{capacidad}_{\text{difusor}}(m^3 / h) = \frac{Q_{\text{aire}}(m^3 / h)}{n^{\circ} \text{ difusores}_{\text{final}}} =$$
$$\frac{2146,15}{542} = 3,95 m^3 / h$$

Se comprueba que este valor es válido para el tipo de difusor seleccionado para esta instalación.

Los equipos primarios encargados de suministrar el aire a los difusores, suelen ser soplantes tipo rotativo (optados en este caso), sin embargo cuando se trata de una planta de elevado



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

tamaño se pueden utilizar turbocompresores de caudal variable de aire, que a pesar de tener un coste de instalación elevado, debido a suministrar en cada momento la cantidad de aire que se precisa llevan consigo un importante ahorro energético, con lo que se amortiza el mayor costo de instalación en un tiempo reducido.

Con el fin de evitar colmataciones en los difusores, es aconsejable la instalación de filtros en la aspiración de las unidades suministradoras de aire.

Los difusores de burbuja fina son los utilizados de forma generalizada, debido a su mayor transferencia de oxígeno. De acuerdo con el tipo de material de que están contruidos se clasifican en: Cerámicos obtenidos por fusión, Cerámicos con aglomerante orgánico, Plástico o Membrana perforada.

Los suministradores de difusores, disponen de gráficas donde viene reflejada la eficacia de transferencia de oxígeno, en función de la profundidad de la balsa.

Ahora bien, la información entregada por los suministradores y los ensayos realizados, están referidos a condiciones normalizadas (agua destilada, nivel del mar, partiendo de una concentración inicial de oxígeno cero, 20º C., etc.), mientras que los consumos de oxígeno de la planta depuradora van a ser en condiciones completamente diferentes en cuanto a temperatura, presencia de tensoactivos, salinidad, etc. siendo en consecuencia preciso hacer concordantes ambos parámetros.

La fórmula siguiente proporciona el paso de condiciones estándar a condiciones reales, de la capacidad de transferencia de oxígeno, de los sistemas de aireación.

$$N = N_0 \cdot \left(\alpha \cdot \beta \cdot \left(\frac{(C_w - C_L)}{9,17} \right) \cdot 1,024^{(T-20)} \right) \cdot \frac{P_H}{P_0} \quad (\text{Ec.54})$$

Con esta expresión se obtiene la corrección necesaria para corregir el rendimiento de los difusores. El valor obtenido en este caso es de 0,6.



4.3.9. Dimensionado del tanque anóxico.

Por último, para la eliminación total del nitrógeno se dispondrá de un tanque anóxico, que se colocará al lado del tanque de aireación cuyo volumen será del 25% del volumen del tanque de aireación; es decir:

$$Vol_{anox} = Vol_{tanque} \cdot 0,25 \quad (\text{Ec.55})$$

$$Vol_{anox} = 2353 \cdot 0,25 = 588,25 \text{ m}^3 \text{ por tanque}$$

Sabiendo que la altura es de 5 m, como se indicó en uno de los puntos anteriores:

$$S_{anox} = Vol_{tanque} / h \quad (\text{Ec.56})$$

$$S = 588,25 / 5 = 117,65 \text{ m}^2 \text{ por tanque}$$

Este tanque se encuentra adosado al reactor biológico, por tanto la anchura total de tanque anóxico será de 18 m, al igual que el reactor. Se obtiene su longitud:

$$\text{Long} = S/A = 117,65 \text{ m}^2 / 18 \text{ m} = 6,54 \text{ m}$$

4.4. Decantación secundaria o clarificación.

4.4.1. Objetivos y fundamentos del proceso.

Anteriormente se indicó que 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.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

Los equipos de decantación secundaria se basan en los mismos principios y fundamentos 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.

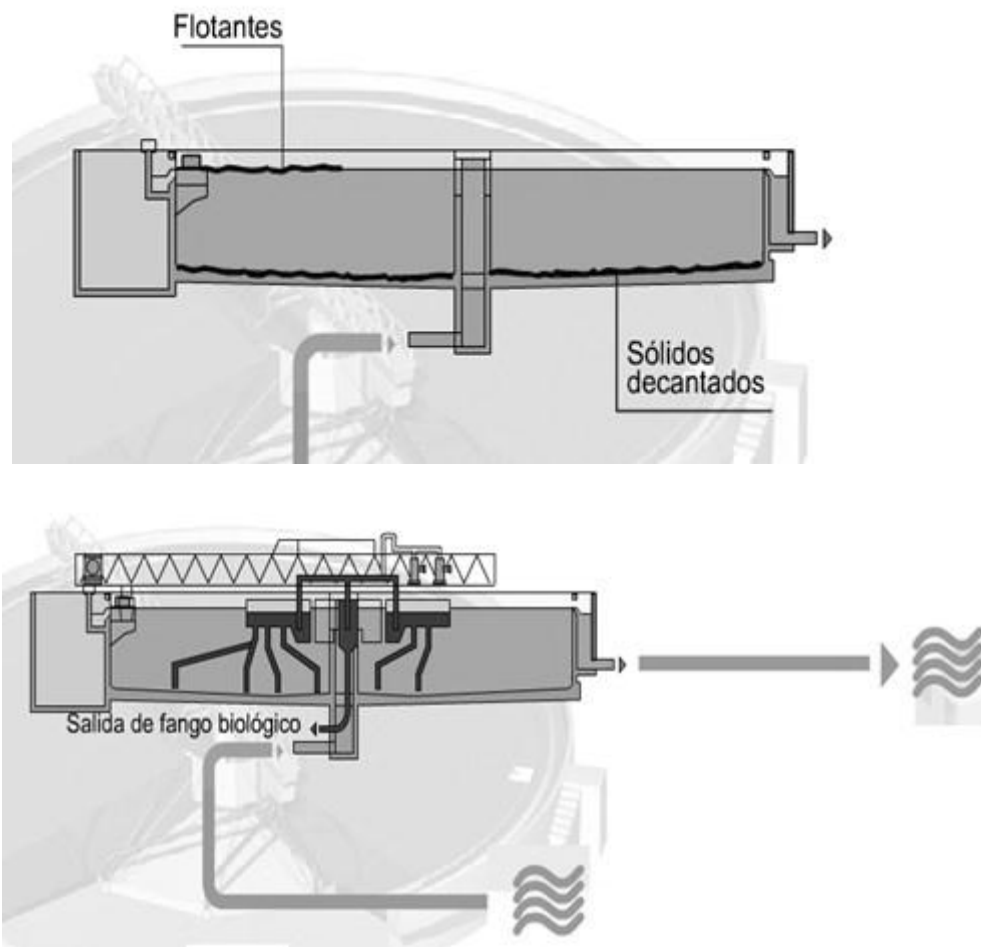


Figura 24. Decantación Secundaria.

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.

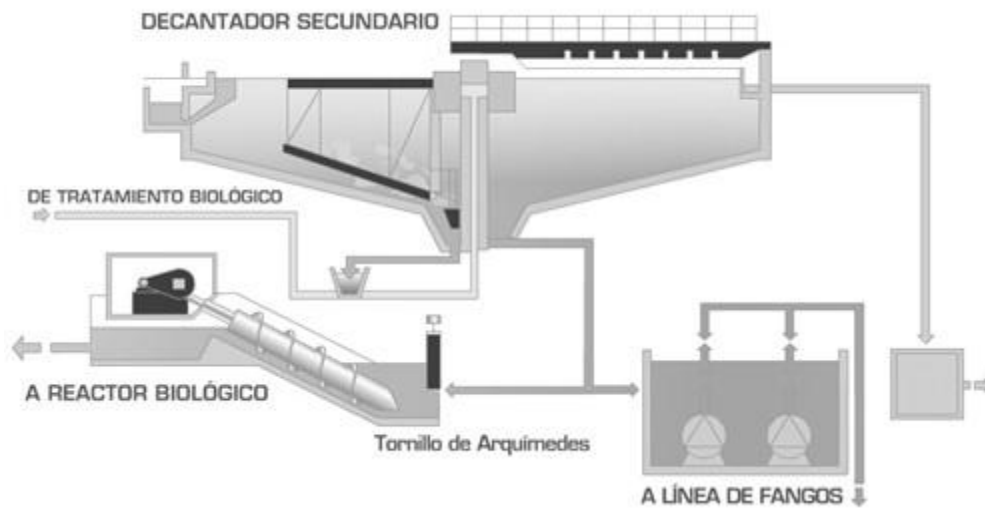


Figura 25. Decantación Secundaria.

4.4.2. Parámetros de diseño.

Los parámetros más importantes para el diseño de estos equipos son los siguientes:

- Carga hidráulica: $0,5 - 1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.
- Velocidad periférica rasquetas: $<100 - 120 \text{ m/h}$.
- Tiempo de retención: $3 - 5,5 \text{ h}$.
- Carga sobre vertedero: $< 10 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{h}$.
- 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.

PARÁMETROS	VALORES	
	Q_{\max}	Q_{med}
Tr (h)	1,5	2



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

CH (m/h)	3	5,5
CV (m ³ /m·h)	< 10	< 10

Tabla 9. Parámetros de diseño Decantador Secundario.

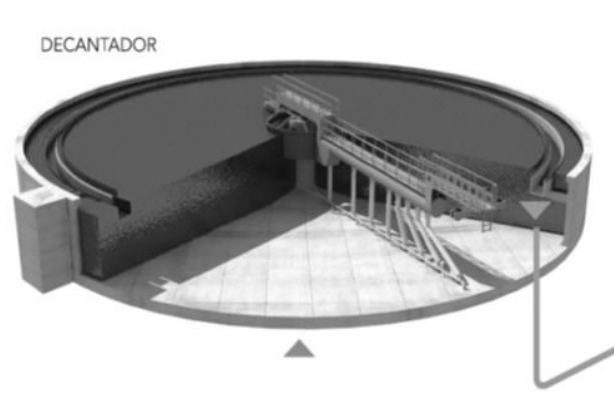


Figura 26. Decantador Secundario.

4.4.3. Normas generales de diseño.

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.

4.4.4. Dimensionado del decantador secundario.

Se dispondrá de dos decantadores secundarios en este caso, uno por reactor. Por tanto los caudales a considerar serán la mitad de los considerados en anteriores etapas del diseño como ya se hizo en los decantadores primarios.

Asimismo los sistemas de decantación secundaria se diseñan de igual forma que los decantadores primarios.

La superficie de un decantador será:

$$S_h (m^2) = \frac{Q(m^3 / h)}{CH(m / h)} \quad (\text{Ec.57})$$

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*

$$S_h (m^2) = 717(m^3/h) / 1(m/h) = 717 m^2$$

- *Para caudal medio*

$$S_h (m^2) = 417(m^3/h) / 0,5(m/h) = 834 m^2$$

Como ya se mencionó se dispondrá de dos decantadores secundarios.

$$S_h (m^2) = 834 / 2 = 417 m^2$$

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



$$S_h (m^2) = \pi \cdot \frac{D^2 (m^2)}{4} \quad (\text{Ec.58})$$

$$D(m) = \sqrt{\frac{S_h (m^2) \cdot 4}{\pi}} \quad (\text{Ec.59})$$

$$D = 23,04 \text{ m}$$

Se toma $D_{\text{comercial}} = 23,5 \text{ m}$

Con lo que se dispondrá de dos decantadores cuya superficie

$$S_h (m^2) = 433,74 \text{ m}^2 \approx 434 \text{ m}^2$$

El volumen del decantador vendrá dado por:

$$Vol(m^3) = Q_{med} (m^3 / h) \cdot Tr(h) \quad (\text{Ec.60})$$

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:

$$Vol (m^3) = 717 (m^3/h) \cdot 3(h) = 2151 \text{ m}^3$$

- Para caudal medio:

$$Vol (m^3) = 417 (m^3/h) \cdot 5,5(h) = 2293,5 \text{ m}^3$$

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:

$$Vol (m^3) = 2293,5 \text{ m}^3 / 2 = 1146,75 \text{ m}^3$$

La altura de cada equipo será:

$$H(m) = \frac{Vol_{máx} (m^3)}{S_{h,máx} (m^2)} \quad (\text{Ec.58})$$



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

Sustituyendo valores en la expresión anterior, se obtiene:

$$H \text{ (m)} = 1146,75 \text{ m}^3 / 433,74 \text{ m}^2 = 2,64 \text{ m}$$

La altura mínima usada en estos equipos es de 3 m, que será la que se utilice. Por tanto, en este caso y para esa altura, el volumen recalculado será:

$$Vol \text{ (m}^3\text{)} = S_h \cdot H_{\text{mínima}} = 434 \cdot 3 = 1302 \text{ m}^3$$

Con lo que el tiempo de residencia para caudal medio será:

$$Vol \text{ (m}^3\text{)} = Q_{\text{med}} \text{ (m}^3 / \text{h)} \cdot Tr \text{ (h)} \rightarrow Tr \text{ (h)} = \frac{Vol \text{ (m}^3\text{)}}{Q \text{ (m}^3 / \text{h)}} \quad (\text{Ec.59})$$

$$Tr = (2 \cdot 1302) / 417 = 6,25 \text{ h}$$

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

$$CV = \frac{Q_{\text{máx}} \text{ (m}^3 / \text{h)}}{\text{Perímetro (m)} \cdot n^{\circ} \text{ decant.}} \equiv \frac{Q_{\text{máx}} \text{ (m}^3 / \text{h)}}{\pi \cdot D \cdot 2} \quad (\text{Ec.60})$$

$$CV = 717 / (\pi \cdot 23,5 \cdot 2) = 4,86 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{m}$$

Valor inferior a los 10 m³/h·m límite establecidos.

III.5. TRATAMIENTO DE FANGOS.

5.1. 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.

5.2. Objetivos 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:



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- 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.

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.

5.3. Número de líneas.

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.

5.4. Espesamiento.

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. Ésta última será la solución adoptada en este caso.

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.

5.4.1. Solución adoptada. Espesado 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 barreadoras de fondo que se desplazan suavemente, generando caminos de salida para el agua en su desplazamiento hacia superficie.

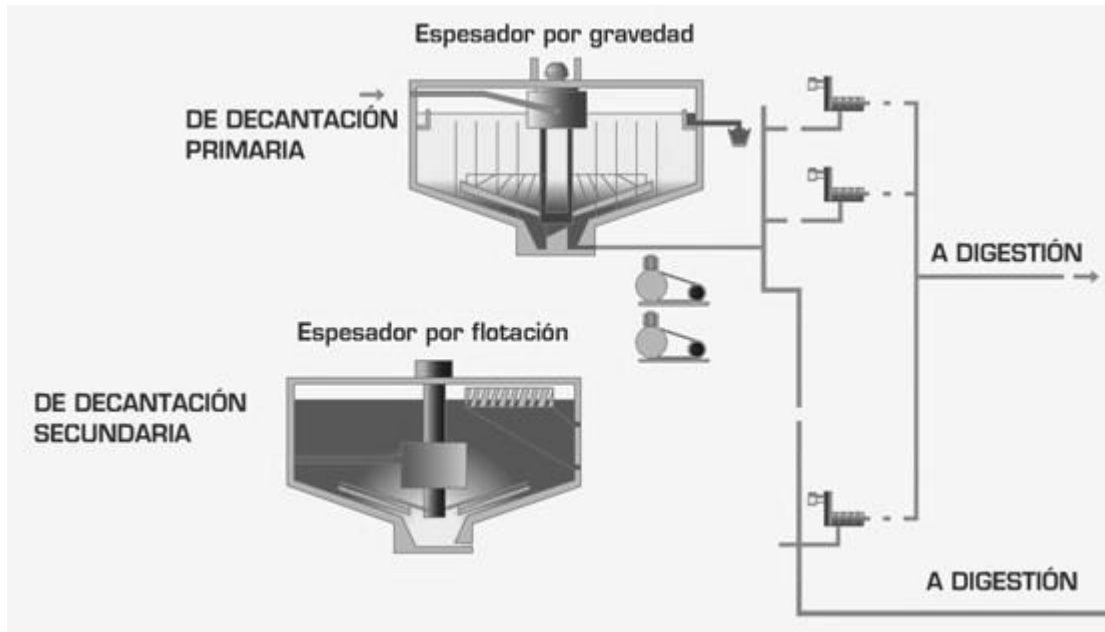


Figura 27. Espesador por gravedad.

5.4.2. Parámetros de diseño.

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.

En este caso, al tratarse de un proceso de oxidación total, la carga de sólidos estará comprendida entre 20 y 35 Kg/m²d. Para realizar los cálculos se tomarán los valores medios de 30 Kg/m²d para la carga de sólidos.



Los valores escogidos serán los siguientes:

PARÁMETROS	VALORES
Concentración de fangos por espesamiento	6%
Carga de sólidos CS ($Kg/m^2 \cdot d$)	30
Tr(h)	30

Tabla 10. Parámetros de Diseño Espesador.

5.4.3. 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.



5.4.4. Dimensionado del espesador por gravedad.

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:

$$Q_{total} = Q_{dec. primaria} + Q_{dec. secundaria} \quad (Ec.61)$$

$$Q_{dec. primaria} = \frac{SS(Kg_{FANGO} / hab \cdot d) \cdot Población \cdot (2/3) \cdot 100Kg_{agua} / 2Kg_{FANGO}}{\rho_{agua}(Kg / m^3)_{agua}} \quad (Ec.62)$$

$$Q_{dec. primaria} = [0,09 \cdot 40000 \cdot (2/3) \cdot 100] / [2 \cdot 1000] = 120 \text{ m}^3/\text{d} \text{ (al 2\%)}$$

El $Q_{dec. secundaria}$ se halló en el apartado de la decantación secundaria

$$Q_{dec. secundaria} = Q_{FANGOS 2^a} = 219,05 \text{ m}^3/\text{d} \text{ (al 0,6\%)}$$

Por tanto:

$$Q_{total} = 120 + 219,05 = 339,05 \text{ m}^3/\text{d}$$

La concentración de los fangos de entrada al equipo se obtendrá aplicando balance másico:

$$Q_{total} \cdot X_{total} = Q_{dec. primaria} \cdot X_{dec. primaria} + Q_{dec. secundaria} \cdot X_{dec. secundaria} \quad (Ec.63)$$

Datos:

$$X_{dec. primaria} = 2 \%$$

$$X_{dec. secundaria} = 0,6 \%$$

La única incógnita es la concentración de entrada al espesador. Se obtiene:

$$X_{total} = 1'1 \%$$



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

El volumen de la unidad vendrá dado por:

$$Vol(m^3) = Q_{m\acute{a}x}(m^3/h) \cdot Tr(h) \quad (Ec.64)$$

$$Vol(m^3) = 339,05 m^3/d \cdot (1d/24 h) \cdot 30 h = 423,81m^3$$

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:

$$S(m^2) = \frac{G_{FANGOSRECIRC}(Kg/d)}{CS(Kg/m^2 \cdot d)} \quad (Ec.65)$$

La carga de sólidos $G_{FANGOSRECIRC}$ se ha obtenido como la suma de los sólidos purgados del reactor biológico, valor obtenido en los cálculos del reactor biológico ($G_{FANGOS2^o} = 1314,3 Kg/d$), más los sólidos eliminados en el decantador primario:

$$G_{FANGOS 1^o} = G_{dec.primaria}$$

$$G_{dec.primaria} = SS(Kg_{FANGO} / hab \cdot d) \cdot Población \cdot (2/3) \quad (Ec.66)$$

$$G_{dec.primaria} = 0,09 \cdot 40000 \cdot 2/3 = 2400Kg/d$$

$$G_{FANGOSRECIRC} = G_{FANGOS 1^o} + G_{FANGOS2^o} = 2400 + 1314,3 = 3714,3 Kg/d$$

$$S(m^2) = \frac{G_{FANGOSRECIRC}(Kg/d)}{CS(Kg/m^2 \cdot d)} \quad (Ec.67)$$

$$S(m^2) = 3714,3/30 = 123,81 m^2$$

El diámetro del equipo, sabiendo que su geometría es cilíndrica, será:

$$S(m^2) = \pi \cdot \frac{D^2(m^2)}{4} \quad (Ec.68)$$

$$D(m) = \sqrt{\frac{S(m^2) \cdot 4}{\pi}} \quad (Ec.69)$$



$$D = 12,56 \text{ m}$$

Se tomará como diámetro comercial: $D_{\text{comercial}} = 13 \text{ m}$

Y la altura de la unidad será:

$$h(m) = \frac{Vol(m^3)}{S(m^2)} \quad (\text{Ec.70})$$

$$h = 423,81 / 127,68 = 3,19 = 3,2\text{m}$$

5.5. Estabilización (digestión).

5.5.1. Introducción. Tipos de estabilización.

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 un volumen importante de fangos de estas características.

Los sistemas de estabilización puedan ser llevados a cabo por vía:

- *Biológica*: los generalmente utilizados.
 - **Aerobia**: 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, teniendo el grave problema de un consumo elevado de energía.
 - **Anaerobia**: 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 proceso. En las instalaciones de gran tamaño es factible la obtención de energía eléctrica con este gas, que se consume en la propia depuradora.

- *Química (dosificación de reactivos, normalmente cal), de utilización en algunas plantas de tipo industrial, consistente en la dosificación de cal.*

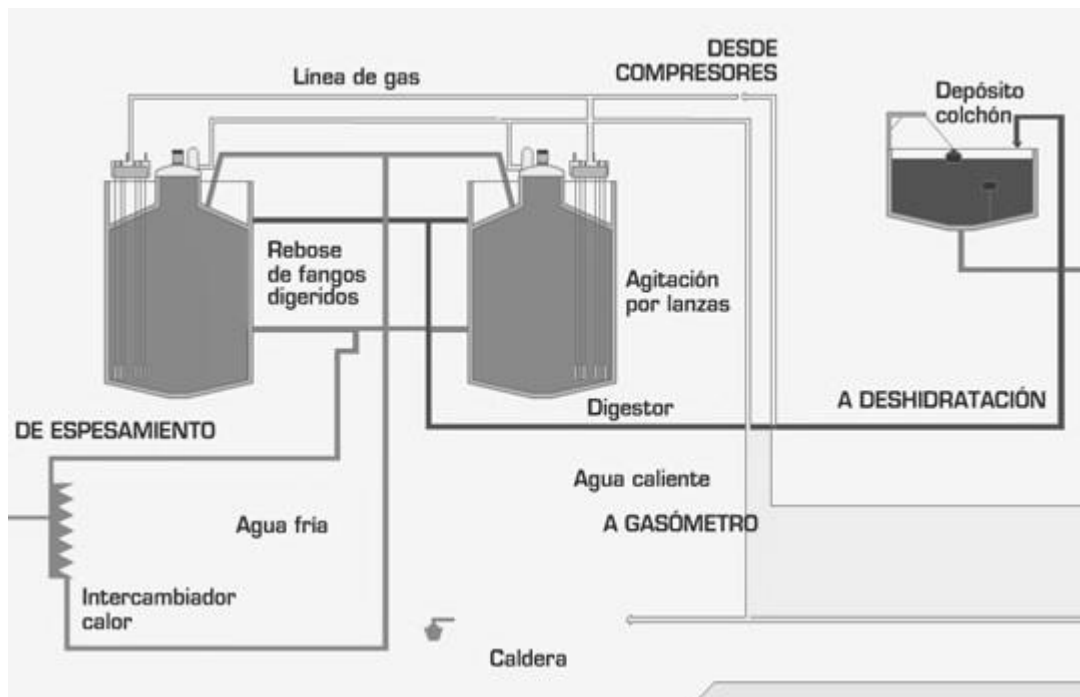


Figura 28. Estabilización (Digestión).

5.5.2. Solución adoptada. Digestión anaerobia.

El proceso utilizado en este caso será el 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.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

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, llevándose a cabo el proceso 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.

5.5.3. Parámetros de diseño.

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/m³·d.
- Generación de gas: 0'9 m³/KgVSS_{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/m³.



5.5.4. 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 medios para que esto no ocurra. Toda la instalación eléctrica, instrumentos, etc debe ser antideflagrante.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- 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.

5.5.5. Dimensionado del digestor.

Se instalarán tres depósitos en serie con un tiempo de retención de 10 días.

- 2 depósitos de digestor primario
- 1 depósito de digestor secundario

El caudal saliente del espesador se calcula conociendo la concentración del caudal de salida (6%), y la carga de sólidos entrante $G_{\text{FANGOSRECIRC}} = 3714,3 \text{ Kg/día}$:

$$Q_{\text{digestor}} = \frac{G_{\text{FANGOSRECIRC}} (\text{Kg}_{\text{FANGO}}/\text{d}) \cdot \frac{100\text{Kg}_{\text{agua}}}{6\text{Kg}_{\text{FANGO}}}}{\rho_{\text{agua}} (\text{kg}/\text{m}^3)_{\text{agua}}} \quad (\text{Ec.71})$$

$$Q_{\text{digestor}} = (3714,3 \cdot 100) / (6 \cdot 1.000) = 61,91 \text{ m}^3/\text{d}$$



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

Sabiendo que TR en los digestores es de 10 días:

$$Vol(m^3) = Q_{digestor}(m^3/h) \cdot Tr(h) \quad (Ec.72)$$

$$Vol(m^3) = 61,91 \cdot 10 = 619,1 m^3$$

Por tanto, el digestor primario, formado por dos tanques en serie de iguales dimensiones, y el digestor secundario tendrán un volumen de 619,1 m³ cada uno.

Se tomará un diámetro de 10 m. La superficie en este caso será:

$$S(m^2) = \pi \cdot \frac{D^2(m^2)}{4} \quad (Ec.73)$$

$$S(m^2) = 78,5 m^2$$

Se obtiene la altura:

$$H(m) = \frac{Vol(m^3)}{S(m^2)} \quad (Ec.74)$$

$$H(m) = 619,1/78,5 = 7,88m$$

$$H(m) = 8m$$

Se verifica que la relación D/H es de 1,25, valor típico de diseño.

A continuación se calcula la cantidad diaria de volátiles eliminada en este proceso.

Conociendo el caudal másico entrante ($G_{FANGOSREIRC} = 3714,3 \text{ Kg/d}$) y que en este caudal el 65% aproximadamente será materia orgánica MO, obtendremos la cantidad diaria de VSS eliminada en la digestión anaerobia:

$$MO_{Gentrante} = G_{FANGOSREIRC} (Kg_{FANGO}/D) \cdot 0,65 (KgMO/Kg_{FANGO}) \quad (Ec.75)$$

$$MO_{Gentrante} = 3714,3 \cdot 0,65 = 2414,3 \text{ Kg MO/d}$$

Tal y como se indicó en el apartado de bases de diseño, en este proceso se elimina aproximadamente el 45% de VSS. Por tanto:



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

$$VSS_{eliminada} = MO_{Gentrante} \cdot 0,45 \quad (\text{Ec.76})$$

$$VSS_{eliminada} = 2414,3 \cdot 0,45 = 1086,43 \text{ Kg/d}$$

Y el caudal másico saliente del proceso de digestión anaerobia será:

$$G_{\text{sal.digester}} = G_{\text{FANGOSRECIRC}} - VSS_{\text{eliminada}} = 3714,3 - 1086,43 = 2627,87 \text{ Kg/d (al 6\%)}$$

Por tanto el caudal volumétrico saliente será, teniendo en cuenta la concentración:

$$Q_{\text{sal.digester}} = \frac{G_{\text{sal.digester}} (\text{Kg}_{\text{FANGO}}/\text{d}) \cdot \frac{100\text{Kg}_{\text{agua}}}{6\text{Kg}_{\text{FANGO}}}}{\rho_{\text{agua}} (\text{kg}/\text{m}^3)_{\text{agua}}} \quad (\text{Ec.77})$$

$$Q_{\text{sal.digester}} = (2627,87 \cdot 100) / (6 \cdot 1.000) = 43,8 \text{ m}^3/\text{d}$$

Como se ha indicado anteriormente, la cantidad de biogás generado en este equipo es aproximadamente de $0,9 \text{ m}^3/\text{KgVSS}_{\text{eliminada}}$. Por tanto:

$$Q_{\text{biogás}} (\text{m}^3 / \text{d}) = VSS_{\text{eliminada}} \cdot 0,9 \quad (\text{Ec.78})$$

$$Q_{\text{biogás}} = 1086,43 \text{ Kg/d} \cdot 0,9 \text{ m}^3/\text{KgVSS} = 977,79 \text{ m}^3/\text{d}$$

El poder calorífico de este combustible varía en función de su composición. Se estimará un PC de $5.500 \text{ Kcal}/\text{m}^3$. De esta forma, la potencia calorífica disponible para realizar la calefacción del proceso será:

$$P_{\text{calorífica}} = Q_{\text{biogás}} (\text{m}^3/\text{d}) \cdot \text{PC} (\text{Kcal}/\text{m}^3) \cdot \frac{4,186\text{KJ}}{1\text{Kcal}} \cdot \frac{1\text{d}}{3600 \cdot 24\text{s}} \quad (\text{Ec.79})$$

$$P_{\text{calorífica}} = 977,79 \cdot 5500 \cdot 4,186/86400 = 260,55 \text{ KW}$$

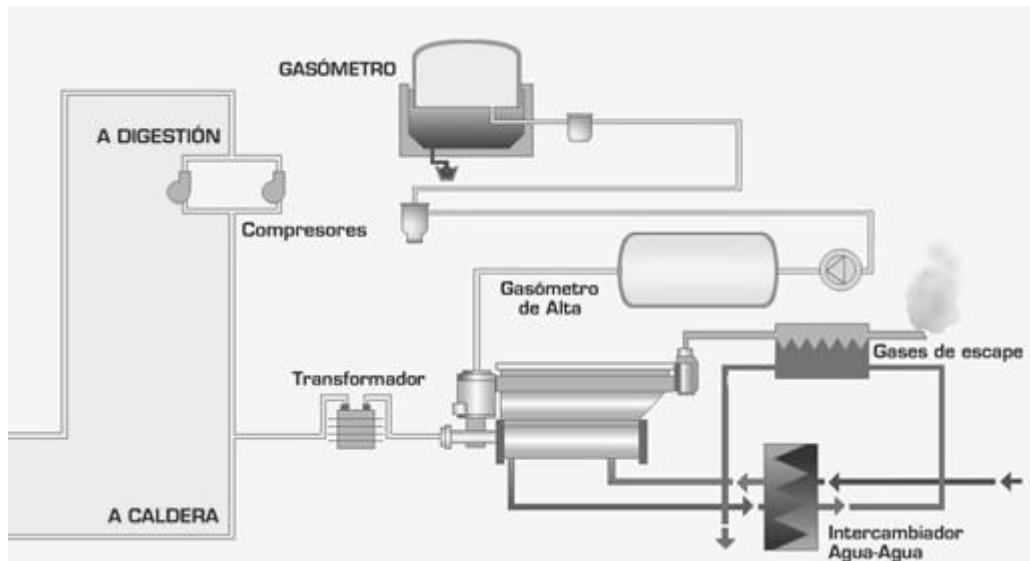


Figura 29. Digestión.

5.6. Deshidratación.

5.6.1. Introducción. Tipos de deshidratación.

Los fangos una vez espesados y estabilizados deben ser deshidratados hasta una concentración que permita su evacuación en forma sólida de la depuradora, mediante camión u otro método de transporte.

Las concentraciones en materia seca de las tortas, debe 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 máxima admisible en sus instalaciones.

Es práctica habitual que los sistemas de deshidratación mecánica 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. En este caso se tomará 8 horas diarias y 5 días a la semana.

Veamos los principales procesos de deshidratación:



- *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.

Una era de secado consiste en un lecho de arena sobre el que se vierte el fango, teniendo lugar dos efectos complementarios:

En una primera etapa una deshidratación por filtración del agua sobre la arena.

Posteriormente evaporación de una parte del agua ligada al fango por la acción del sol y del aire.

- *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 si, 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 esta comprendido entre 25 y 35 mm. y una carga de 3 a 4 Kg/m²·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



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

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 los diferentes procesos de deshidratación generalmente utilizados, este es el de mayor coste de implantación inicial, precisar más mano de obra para el control 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.

- *FILTROS DE BANDAS*

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 repartido 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



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

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 trespelillo 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 carga hidráulica y másica que puede admitir un filtro bandas va a depender del diseño del fabricante, velocidad de paso, tipo de fango, floculación previa, etc.

La sequedad de la torta será 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.

- *SACOS FILTRANTES*

En plantas muy pequeñas de aguas industriales y que la producción de fangos es mínima, se pueden utilizar sacos filtrantes, consistentes en bolsas de material poroso y sintético, en los cuales se introduce el lodo, que escurren el agua a través del tejido, quedando en su interior el lodo parcialmente deshidratado. La sequedad obtenida es baja.

- *CENTRIFUGACIÓN*

Será nuestro proceso seleccionado. Lo veremos a continuación.



5.6.2. 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 de gravedad.

Dentro de los tipos de centrifugas existentes en el mercado, discos, cesta, camisa maciza, etc. es este último tipo el empleado en deshidratación de fangos en depuración de aguas. A este tipo de centrifugas se le conoce también como centrifugas decantadoras.

La velocidad de giro depende del tamaño del rotor del equipo, no sobrepasando las 4.000 r.p.m.

Las centrifugas 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 (compuestos orgánicos de larga cadena y elevado peso molecular), se consigue su floculación y en consecuencia una mayor retención de partículas así como mayor sequedad en la torta.

El consumo de polielectrolito es del orden de 4 a 6 Kg / Tm MS.

Básicamente una centrifuga decantadora consta de un rotor central en posición horizontal que gira sobre dos cojinetes sujetos al bastidor. Su forma es cilíndrica finalizando en forma troncocónica constituyendo el tambor. Montado en el mismo eje se encuentra un sinfín, que gira a menor velocidad para arrastre del fango, denominada velocidad diferencial.

La velocidad diferencial, en función de las máquinas puede ser variada mecánicamente o electrónicamente. A medida que aumenta la velocidad diferencial la clarificación del efluente mejora, disminuyendo la sequedad de la torta.

El fango se introduce de forma continua por uno de los extremos y por la acción de la fuerza centrífuga los sólidos se concentran en la periferia, siendo arrastrados por el tornillo sinfín hacia el extremo troncocónico, donde son descargados al exterior.

Para fangos procedentes de plantas depuradoras urbanas, la concentración del fango deshidratado que se puede obtener por centrifugación, varía entre el 20 y 25%.



Las bombas de alimentación al sistema de deshidratación, deben ser de caudal variable, con el fin de poder ajustarlo a las necesidades operativas de la centrífuga.

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.

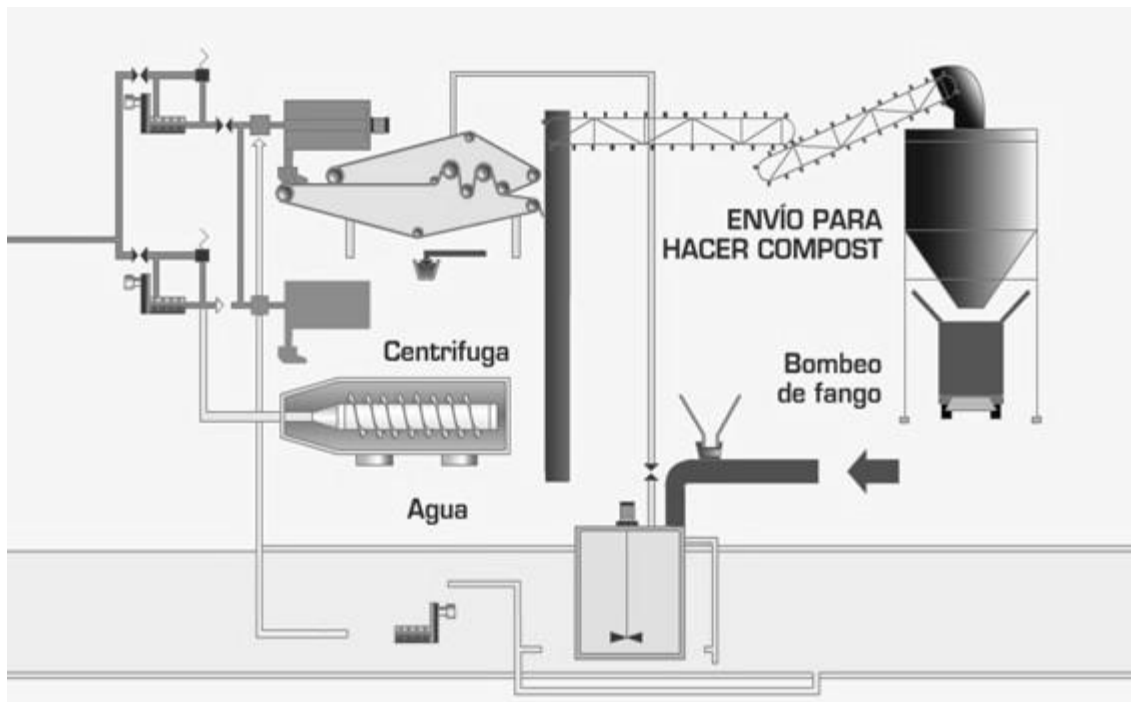


Figura 30. Centrifugación.

5.6.3. Parámetros de diseño.

Los procesos suelen oscilar entre 8 y 16 horas diarias y durante 5 o 6 días a la semana. En el diseño de esta depuradora se tomarán 8 horas diarias y 5 días.

Los fangos espesados por gravedad en nuestra E.D.A.R. tienen una concentración del 6%.

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.



5.6.4. Cálculo de fangos deshidratados.

El caudal entrante a los equipos de esta etapa es el caudal procedente del proceso de estabilización, y que se calculó anteriormente:

$$Q_{\text{ent.deshidratador}} = Q_{\text{sal.digester}} = 43,8 \text{ m}^3/\text{d}$$

Seguidamente se calcula el caudal por hora teniendo en cuenta que se trabajará 8 horas al día:

$$Q_{\text{ent}} (\text{m}^3 / \text{h}) = Q_{\text{ent}} (\text{m}^3 / \text{d}) \cdot \frac{1\text{d}}{8\text{h}} \quad (\text{Ec.80})$$

$$Q_{\text{ent}} = 43,8 / 8 = 5,475 \text{ m}^3/\text{h}$$

Además hay que tener en cuenta que se producen fangos los 7 días de la semana pero que se trabajará 5 días por semana, por tanto este caudal deberá incrementarse

$$Q_{\text{ent}} (\text{m}^3 / \text{h}) = Q_{\text{ent}} (\text{m}^3 / \text{h}) \cdot \frac{7}{5} = 7,665 \text{ m}^3 / \text{h} \quad (\text{Ec.81})$$

Por tanto se dispondrá de dos equipos de centrifugación, cada uno con una capacidad de tratamiento de 4 m³/h.

Teniendo en cuenta que para fangos procedentes de plantas depuradoras urbanas, la concentración del fango deshidratado que se puede obtener por centrifugación es del 25%:

$$Q_{\text{salida}} = \frac{G_{\text{ent.deshidratador}} (\text{Kg}_{\text{FANGO}}/\text{d}) \cdot \frac{100\text{Kg}_{\text{agua}}}{25\text{Kg}_{\text{FANGO}}}}{\rho_{\text{agua}} (\text{kg} / \text{m}^3)_{\text{agua}}} \quad (\text{Ec.82})$$

$$Q_{\text{salida}} = (2627,87 \cdot 100) / (25 \cdot 1000) = 10,51 \text{ m}^3/\text{d}$$



5.7. Esquema de concentraciones del fango.

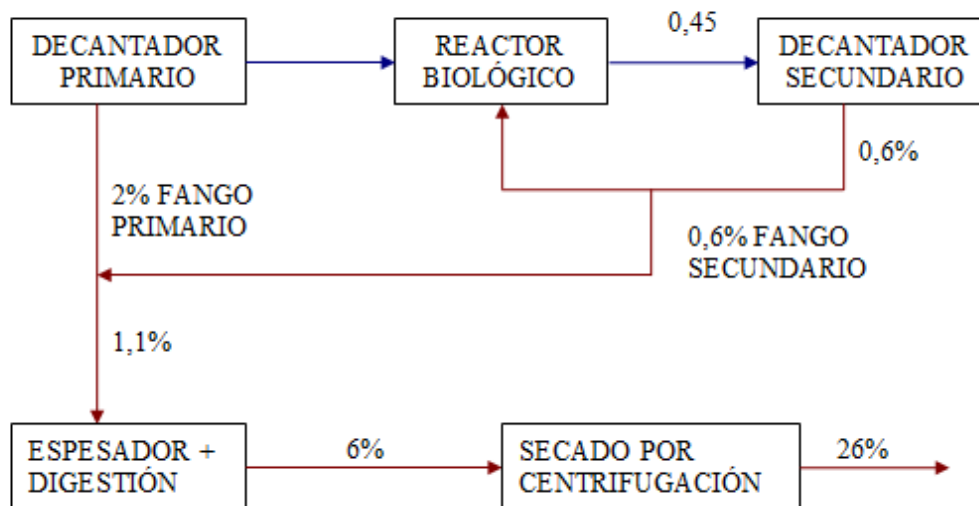


Figura 31. Esquema de concentraciones del fango.

5.8. 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.

5.9. 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.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

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 $\text{pH} > 12$ durante 3 horas.
4. Almacenamiento a largo plazo del fango líquido digerido.
5. Compostaje completo a temperaturas superiores a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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.

5.10. Destino final de los fangos 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. Éste no es nuestro caso.

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 este construida.



5.10.1. 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 mas 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 toxicas presentes en el fango. Los metales de trazas quedan atrapados en la matriz del suelo, y los nutrientes las 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.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- *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).

- *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 200t SSC/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.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- *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.

- *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.

5.10.2. 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 CO₂ 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 excavadora. El material se



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

composta durante un periodo de 21 a 28 días, y se madura durante otro periodo adicional de 30 días o mas. 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 mas modernas se cubren la totalidad de los elementos mas importantes del sistema.

- *Pilas volteadas*

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.

5.10.3. 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.

III.6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

6.1. 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.

6.2. 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:



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- *Celdas de entrada y salida*

Un módulo metálico 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*

Un 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:

Un 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.

Un 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.

Un relé de protección de 3F + N (50-51/50N-51N), autoalimentado.

Tres transformadores de intensidad toroidales para protección de fases y homopolar.

Tres 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.



CAPÍTULO III. DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y DIMENSIONADO.

- *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.

Un contador de energía activa con dispositivo de triple tarifa clase 1 y elemento máxímetro, preparado para conectar a X/5A y a X/110 V.

Un contador de energía reactiva de simple tarifa. Clase 2,3 preparado para conectar a X/5A y a X/110 V.

Un 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.

6.3. Alimentación en baja tensión.

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) mm² y 3 N de (1 x 240) mm². 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:

Un interruptor automático de IV x 2000 A. extraíble para el acoplamiento del transformador.

Un interruptor automático de III x 1600 A. fijo, conexionado con la batería de condensadores.

Un interruptor automático de IV x 800 A. fijo, para alimentar el CCM en el edificio de pretratamiento y deshidratación.

Un interruptor automático de IV x 800 A. fijo para alimentar el CCM para el tratamiento biológico.

Un interruptor automático de IV x 400 A. fijo para alimentar el CCM en el edificio de tratamiento terciario.

Dos interruptores automáticos de IV x 160 A. fijo para alimentar el cuadro general de alumbrado en el edificio de control y varios.

Un equipo circuintor para medidas de voltaje, amperaje, potencia (vatios), conexionado con el PLC.

Material auxiliar: barras, aisladores, bornas, terminales, canaletas, rótulos, etc.

6.4. Mejora del factor de potencia.

Se instalará una batería automática para mejorar el factor de potencia de la planta y conseguir un coseno fi lo más cercano a 1 posible, de potencia $30 + (6 \times 60) = 390$ KVAR y conexionada al cuadro de distribución.

6.5. 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:

Una columna de entrada que llevará un interruptor automático, un equipo circuitor 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.

6.6. Grupo electrógeno de emergencia.

Se ha previsto la instalación de un grupo electrógeno de emergencia de 500 KVA de potencia, conexionado 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.

6.7. 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 mm² y para mandos de 1,5 mm². 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.



6.8. 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.

6.9. 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.

6.10. 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

6.11. 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.

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



INDICE

CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

PÁGINA

IV.1. MEMORIA DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

EN LA FASE DE OBRA.....	160
1.1. Objetivo del estudio de seguridad y salud.....	160
1.2. Características de la obra.....	160
1.2.1. Definición de la obra.	
1.2.2. Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra.	
1.2.3. Características básicas de la obra.	
1.2.4. Unidades constructivas que componen la obra.	
1.3. Identificación de los riesgos.....	163
1.3.1. Análisis de los riesgos profesionales más comunes.	
1.3.2. Identificación y análisis de riesgos de daños a terceros.	
1.4. Prevenciones de riesgos profesionales.....	170
1.4.1. Protecciones individuales.	
1.4.2. Protecciones colectivas.	
1.4.3. Recomendaciones y pautas de señalización de una EDAR.	
1.4.3.1. Introducción.	
1.4.3.2. Peligros susceptibles de señalización en una EDAR.	
1.4.3.3. Señalización derivada de los peligros descritos.	
1.4.3.4. Pautas de señalización de las señales descritas.	
1.4.4. Medicina preventiva y primeros auxilios.	
1.4.5. Medidas de higiene personal e instalaciones del personal.	
1.4.6. Normas de prevención.	



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

1.4.6.1. Normas de prevención de carácter general.	
1.4.6.2. Normas de prevención en el uso de los medios auxiliares.	
1.4.6.3. Normas de prevención en el uso de la maquinaria.	
1.4.6.4. Herramientas manuales de uso individual.	
1.4.6.5. Normas de seguridad para el personal.	
1.5. Tablas resumen de los principales riesgos profesionales.....	210
1.6. Prevención de riesgos de daños a terceros.....	216
IV.2. PLIEGO DE CONDICIONES.....	216
2.1. Normas legales y reglamentarias.....	216
2.2. Condiciones de los medios a utilizar.....	219
2.3. Condiciones de los medios de protección.....	220
2.3.1. Protecciones personales o individuales.	
2.3.2. Protecciones colectivas.	
2.3.3. Señalización.	
2.4. Instalaciones de higiene y bienestar.....	228
2.5. Instalaciones médicas.....	229
2.6. Mantenimiento preventivo.....	229
2.7. Servicios de prevención.....	230
2.8. Técnico de seguridad, vigilante de seguridad, coordinador de seguridad y salud y comité de prevención.....	230
2.9. Certificación de seguridad y salud.....	231
2.10. Seguro de responsabilidad civil.....	231
2.11. Obligaciones de las partes implicadas.....	232
2.11.1. Obligaciones del promotor.	
2.11.2. Obligaciones de contratistas y subcontratistas.	
2.11.3. Obligaciones de los trabajadores autónomos.	



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

2.12. Plan de seguridad y salud.....	235
2.13. Coordinador en materia de seguridad y salud.....	236
2.14. Libro de incidencias.....	237
2.15. Paralización de los trabajos.....	237
2.16. Derechos de los trabajadores.....	238
IV.3. RIESGOS LABORALES EN FASE EXPLOTACIÓN.....	238
3.1. Riesgos generales de las estaciones EDAR.....	238
3.1.1. Accidentabilidad.	
3.1.2. Principales riesgos generales.	
3.1.3. Medidas preventivas.	
3.1.3.1. Caídas al mismo y distintos nivel.	
3.1.3.2. Asfixia.	
3.1.3.3. Ahogamiento.	
3.1.3.4. Golpes por objetos.	
3.1.3.5. Contacto con sustancias tóxicas.	
3.1.3.6. Contacto eléctrico.	
3.1.3.7. Incendio y explosión.	
3.1.3.8. Exposición al ruido y olores.	
3.2. Análisis del riesgo biológico en la EDAR.....	250
3.2.1. Componente biológico en las aguas residuales.	
3.2.1.1. Principales contaminantes biológicos.	
3.2.2. Factores del riesgo infeccioso de un patógeno.	
3.2.3. Clasificación de patógenos según riesgo infección.	
3.2.4. Principales vías de entrada de los contaminantes.	
3.2.5. Identificación y evaluación del riesgo biológico.	
3.2.6. Medidas de prevención.	
3.2.6.1. Medidas de prevención sobre el foco de emisión.	



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

3.2.6.2. Medidas de prevención sobre el medio de propagación.

3.2.6.3. Medidas de prevención sobre el receptor.

3.2.7. Vigilancia de la salud de los trabajadores.

3.2.8. Formación e información a los trabajadores.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

IV.1. MEMORIA DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD EN LA FASE DE OBRA.

1.1. Objetivo del estudio de seguridad y salud.

Este Estudio de Seguridad y Salud se redacta en cumplimiento del Real Decreto 1.627/97 de 24 de Octubre por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción, al amparo de la Ley 31/95 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales y resto de normativa complementaria de desarrollo aplicable.

Tiene por objeto establecer unas directrices básicas en las que habrá de basarse la Empresa Constructora para elaborar el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo que habrá de ser aprobado antes del comienzo de las obras, en el campo de la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, durante la construcción de esta obra; así como los derivados de los trabajos de conservación, reparación, entretenimiento y mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

1.2. Características de la obra.

1.2.1. Definición de la obra.

Se trata de realizar las obras e instalaciones generales para la construcción de una E.D.A.R. en X (Región de Murcia) para una población de 40.000 he.

1.2.2. Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra.

El presupuesto de la obra figura 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 45. El número de personas que se estima trabajarán a lo largo del conjunto de la obra será de 650.



1.2.3. Características básicas de la obra.

1. *Emplazamiento*

En la Región de Murcia en la localidad de X próximo al cauce del Río Segura.

2. *Servidumbres y servicios afectados*

Dado que las obras comprenden tanto los colectores como la ejecución de la E.D.A.R., y aunque se efectúan en su mayoría en zonas despobladas de cultivo:

- Cortes provisionales del tráfico de vehículos y peatones en los caminos vecinales (colector).
- Posible afección de conducciones subterráneas de distintos servicios.
- Ocupación provisional de parcelas privadas colindantes.
- Protección de márgenes de la rambla.
- Interferencias del personal, maquinaria y vehículos de la obra con otros vehículos o personas ajenas a la obra.

3. *Accesos*

Las parcelas de la EDAR cuentan con un acceso suficiente para el transporte de maquinaria, materiales y obreros a pie de obra. Por otra parte, los colectores discurren en la proximidad de caminos vecinales existentes. Consideramos por lo tanto que las obras proyectadas no presentan ningún problema en este aspecto.

4. *Topografía*

La superficie de actuación no presenta características que dificulten la actuación, estando previstos no obstante importantes movimientos de tierra, dadas las características de la actuación. Por lo tanto, no se prevé la existencia de riesgos especiales por la topografía de la superficie de actuación.



5. Climatología

La climatología del lugar es típicamente mediterránea con inviernos suaves y veranos calurosos. Por lo tanto no se ve ningún problema especial en la climatología para la seguridad y salud de los trabajadores, salvo que será preceptiva la instalación de locales de descanso y el suficiente aporte de agua potable a pie de obra.

6. Centros asistenciales más próximos

En caso de accidente se deberá acudir a los centros asistenciales de los núcleos más cercanos. El contratista deberá informar a la obra de los centros y teléfonos de asistencia a los que deben recurrir los trabajadores en caso de accidente, así como de otros servicios de asistencia de que pudiera disponer.

7. Servicios públicos existentes

Al desarrollarse prácticamente la totalidad de las obras en terreno rústico, no dispone de servicios de abastecimiento, saneamiento, energía eléctrica y telefonía a pié de obras, por lo que estos servicios se deberán solucionar mediante medios portátiles. La telefonía y el suministro eléctrico se podrán solucionar mediante teléfonos móviles y generadores, por otra parte, el abastecimiento y saneamiento se podrán solucionar mediante depósitos en tanto en cuanto se construyen la red de abastecimiento y la zanja filtrante de saneamiento previstas en este proyecto.

1.2.4. Unidades constructivas que componen la obra.

- Movimiento general de tierras
- Obra de llegada y aliviadero de agua bruta
- Depósitos de retención
- Pozo de gruesos y bombeo de agua bruta
- Desbaste de sólidos
- Desarenador – desengrasador



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- Medida y regulación de caudal
- Decantación primaria
- Reactores biológicos
- Decantación secundaria
- Recirculación de fangos
- Espesador por gravedad de los fangos
- Estabilización de fangos
- Deshidratación mediante centrifugas
- Almacenamiento de fangos deshidratados
- Edificio de pretratamiento
- Edificio de deshidratación, control y soplantes
- CT e instalaciones eléctricas

1.3. Identificación de los riesgos.

1.3.1. Análisis de los riesgos profesionales más comunes.

- *Desbroce, movimiento de tierras y excavaciones*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Caídas a distinto nivel	Bajo	Medio	Medio
Caídas al mismo nivel	Bajo	Bajo	Bajo
Atrapamiento	Bajo	Medio	Bajo
Ambiente pulvígeno	Bajo	Medio	Medio
Golpes	Medio	Bajo	Medio
Cortes y pinchazos	Medio	Bajo	Bajo
Electrocuciones	Bajo	Medio	Medio



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Colisiones y vuelcos	Bajo	Medio	Medio
-----------------------------	------	-------	-------

Tabla 1. Desbroce, movimiento de tierras y excavaciones.

- *En línea de fangos*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Golpes en manos, pies y cabeza	Medio	Bajo	Medio
Asfixia	Bajo	Alto	Medio
Incendio y explosiones	Bajo	Alto	Alto
Caídas a distinto nivel	Bajo	Medio	Medio

Tabla 2. En línea de fangos.

- *En zanjas, drenajes y galerías*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Atropellos y colisiones, originados por la maquinaria	Medio	Alto	Alto
Vuelcos y deslizamientos de las máquinas	Bajo	Alto	Alto
Caídas en altura	Bajo	Medio	Medio
Generación de polvo	Medio	Bajo	Bajo
Explosiones e incendios	Bajo	Medio	Medio
Choques con los apoyos provisionales	Bajo	Bajo	Bajo

Tabla 3. En zanjas, drenajes y galerías.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *En los edificios de Pretratamiento y Deshidratación, de Control, de Soplates y en el Centro de Transformación*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Caída a distinto nivel	Bajo	Medio	Medio

Tabla 4. En los edificios de Pretratamiento y Deshidratación, de Control, de Soplates y en el Centro de Transformación.

- *En calzadas, viales, acabados y jardinería*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Caídas de objetos al descargar el camión (caja)	Medio	Bajo	Medio
Golpes en manos, pies y cabeza	Medio	Bajo	Medio
Cortes en las manos	Medio	Bajo	Medio
Electrocuciones, por contacto indirecto	Bajo	Medio	Medio
Caídas al mismo nivel	Bajo	Bajo	Bajo
Quemaduras	Bajo	Medio	Alto
Afecciones pulmonares por inhalación de vapores asfálticos	Bajo	Alto	Alto
Vuelco de vehículos	Medio	Alto	Muy alto

Tabla 5. En calzadas, viales, acabados y jardinería.



MAQUINARIA DE OBRA

- *Pala cargadora*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Choques con otros vehículos	Bajo	Medio	Medio
Atropellos	Bajo	Medio	Medio
Incendios	Medio	Alto	Medio
Caída de la pala por pendientes	Bajo	Alto	Alto
Quemaduras	Bajo	Alto	Medio
Proyección de fragmentos	Bajo	Medio	Medio
Sobreesfuerzos	Medio	Medio	Medio
Exposición a agentes físicos: ruidos, vibraciones	Medio	Bajo	Bajo

Tabla 6. Pala cargadora.

- *Retroexcavadora, rodillo vibrante autopropulsado y camión hormigonera*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Manejo imprudente de la máquina	Bajo	Alto	Bajo
Desconocimiento del lugar del trabajo	Medio	Bajo	Bajo
Realizar el trabajo sin el conocimiento de la máquina	Bajo	Alto	Medio
Trabajar en terreno con pendiente o inestable	Medio	Medio	Bajo
Atropello, vuelco	Medio	Alto	Medio
Choque con otros vehículos	Bajo	Medio	Medio
Golpes	Medio	Medio	Medio

Tabla 7. Retroexcavadora, rodillo vibrante autopropulsado y camión hormigonera.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *Hormigonera eléctrica*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Golpes por elementos móviles	Bajo	Bajo	Bajo
Sobreesfuerzos	Medio	Medio	Medio
Vibraciones y ruidos	Alto	Bajo	Bajo
Polvo	Medio	Bajo	Bajo

Tabla 8. Hormigonera eléctrica.

- *Vibrador*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Electrocuciones, por contacto indirecto	Bajo	Medio	Medio
Golpes en manos, pies y cabeza	Medio	Bajo	Medio
Explosiones e incendios	Bajo	Alto	Alto

Tabla 9. Vibrador.

- *Camión grúa*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Manejo imprudente de la máquina	Bajo	Alto	Bajo
Desconocimiento del lugar del trabajo	Medio	Bajo	Bajo
Realizar el trabajo sin el conocimiento de la máquina	Bajo	Alto	Medio
Desplome de la carga	Bajo	Alto	Medio
Vuelco	Medio	Alto	Medio
Golpes	Medio	Medio	Medio

Tabla 10. Camión grúa.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *Grúa autopropulsada*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Caída de objetos sobre el conductor	Medio	Medio	Bajo
Atropellos	Bajo	Medio	Medio
Vuelco	Medio	Alto	Medio
Golpes	Medio	Medio	Medio
Caídas a distinto nivel	Bajo	Medio	Medio

Tabla 11. Grúa autopropulsada.

- *Sierra circular de mesa*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Cortes o amputaciones por contacto con el dentado del disco en movimiento	Medio	Alto	Muy alto
Proyección de la madera	Alto	Medio	Medio
Proyección del disco o parte de él	Bajo	Alto	Muy alto
Atrapamientos	Medio	Alto	Alto
Descargas eléctricas	Bajo	Medio	Medio
Incendios	Medio	Alto	Medio

Tabla 12. Sierra circular de mesa.



MEDIOS AUXILIARES

- *Andamios*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Caídas a distinto nivel	Bajo	Medio	Medio
Caídas al mismo nivel	Bajo	Bajo	Bajo
Atrapamiento	Bajo	Medio	Bajo
Desplome del andamio	Bajo	Alto	Medio
Golpes por objetos	Medio	Bajo	Medio
Caída de objetos	Medio	Bajo	Bajo

Tabla 13. Andamios.

- *Escaleras de mano*

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Vuelcos y/o roturas de las mismas	Medio	Alto	Alto
Tropezones y caídas del personal (caídas al mismo y distinto nivel)	Alto	Alto	Alto
Vuelcos y caídas de los materiales	Medio	Medio	Medio

Tabla 14. Escaleras de mano.

1.3.2. Identificación y análisis de riesgos de daños a terceros.

Debido a que la obra se realiza en zona con eventual presencia de personas ajenas, y que el acotamiento total de algunas zonas resulta imposible, habrá que prestar especial atención a los posibles riesgos de daños a terceras personas, a bienes muebles e inmuebles y a vehículos, que serán fundamentalmente:



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- Riesgos de caída de objetos, materiales o herramientas desde altura.
- Caída de personas o vehículos al mismo o distinto nivel.
- Ruido.
- Polvo.
- Atropellos por maquinaria de obra.

	PROBABILIDAD	GRAVEDAD	MAGNITUD
Caídas al mismo o distinto nivel	Bajo	Bajo	Medio
Atropellos	Bajo	Medio	Alto
Caídas de objetos	Bajo	Bajo	Medio
Vibraciones y ruidos	Alto	Bajo	Bajo
Descalzamientos	Bajo	Medio	Medio
Polvo y/o contaminación	Medio	Bajo	Bajo

Tabla 15.

1.4. Prevenciones de riesgos profesionales.

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.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *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*

Gautes de goma finos, para albañiles y operarios que trabajen en hormigonado.

Gautes de cuero anticorte, para manejo de materiales y objetos.

Gautes 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.

1.4.2. Protecciones colectivas.

- *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.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *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.

Peldaños de escaleras.

Carro portabotellas.

Válvulas antiretroceso en mangueras.

- *Albañilería*

Plataformas metálicas en voladizo para descargar de materiales a plantas.

Redes horizontales en huecos.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *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 CO₂.

Extintores de polvo químico.

1.4.3. Recomendaciones y pautas de señalización de una EDAR.

1.4.3.1. Introducción.

En cumplimiento de R.D. 485/1997 relativo a señalización en los centros de trabajo, estamos obligados a adoptar las medidas precisas para que en los lugares de trabajo exista una señalización de seguridad y salud acorde con los riesgos presentes.

La señalización deberá responder a las siguientes necesidades:

- Llamar la atención a los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

En ningún caso la señalización podrá considerarse como una medida sustitutoria de las medidas técnicas y organizativas de protección colectiva, así como de la formación e información de los trabajadores en materia de seguridad y salud en el trabajo.

1.4.3.2. Peligros susceptibles de señalización en una EDAR.

Los peligros o situaciones de riesgo que podría ser necesario señalar en una planta depuradora de aguas residuales son:

- *Riesgo biológico*

Aguas residuales. Presente en toda la planta, sobre todo en los lugares donde se generen aerosoles (digestión aerobia con turbinas, etc...)

- *Sustancias tóxicas*

Reactivos y generación de sulfhídrico. Salas de almacenamiento de reactivos y lugares cerrados donde se acumule sulfhídrico, arquetas de reparto, salas subterráneas, etc.

- *Sustancias corrosivas*

Reactivos. Salas de almacenamiento y uso de sustancias corrosivas.

- *Sustancias inflamables*

Existencias de materias inflamables. Instalaciones de gas o salas donde existan materias inflamables.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *Sustancias explosivas*

Existencias de atmósferas explosivas. Instalaciones de gas o espacios confinados donde se acumulen materias inflamables.

- *Ruido*

Equipos generadores de ruido. Salas de motores, soplantes, etc...

- *Riesgo eléctrico*

Instalaciones eléctricas. Cuadros de maniobra, de control, transformadores, etc...

- *Riesgo de atrapamientos*

Elementos móviles de máquinas. Todas las partes móviles de máquinas y equipos.

Sobre todo en desbaste, desarenadores, cintas transportadoras, secado de fangos, etc...

- *Cargas suspendidas*

Equipos de elevación y cuchara bivalva. Salas en las que existan equipos de elevación (polipastos, puentes grúa, etc...) y cuchara bivalva en desbaste.

- *Golpes con partes fijas*

Lugares angostos y elementos fijos en zonas de paso. Salas de bombas, conducciones, etc...

- *Caídas a distinto nivel*

Superficies a distinto nivel. Balsas, plataformas, escaleras, etc... cuando se carezca de protección colectiva.

- *Caídas al mismo nivel*

Resbalamientos. Salas de dosificación de polielectrolito o zonas muy húmedas o mojadas.



1.4.3.3. Señalización derivada de los peligros descritos.

Como consecuencia de los peligros anteriormente mencionados se derivan las consiguientes señales de advertencia, obligación, prohibición e información. En la tabla que se expone a continuación, se detalla el código de la señal que más se aproxima, el cual podrá variar en función del fabricante.

Teniendo que el acceso del personal ajeno está restringido, se ha optado por un tipo de señalización carente de texto adicional, bastando el pictograma correspondiente y por supuesto, la explicación o aclaraciones pertinentes a cada trabajador de lo que significa cada señal.

El modelo de señales y textos informativos que aquí se exponen se tomarán como orientativos, pudiéndose optar por modelos similares en función de las características propias del centro y de la disponibilidad del distribuidor o fabricante elegido.

PELIGRO	ADVERTENCIA	OBLIGACIÓN	PROHIBICIÓN	INFORMACIÓN
RIESGO BIOLÓGICO	SA-100		SP-070: prohibido el paso a personas no autorizadas	Permanecer en la zona el tiempo estrictamente necesario Colocarse a favor del viento y por detrás del riesgo Ubicación de ducha y lavaojos de seguridad SS-030 y SS-040
SUSTANCIAS TÓXICAS	SA-040	SO-010: uso de protección respiratoria		
SUSTANCIAS CORROSIVAS	SA-050	SO-080, SO-170: uso de guantes y protección de la vista.		Utilizar mono antiácido en caso de reparaciones Ubicación de ducha y lavaojos de seguridad SS-030 y SS-040
SUSTANCIAS INFLAMABLES	SA-010		SA-030: prohibido fumar o encender llama.	Ubicación de extintores SI-010, de bocas de incendio SI-030, de pulsadores de alarma SI-060
SUSTANCIAS EXPLOSIVAS	SA-030		SA-030: prohibido fumar o encender llama.	Ubicación de extintores SI-010, de bocas de incendio SI-030, de pulsadores de alarma SI-060
RUIDO	SA-200	SO-050: uso obligatorio de protección auditiva.		



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

RIESGO ELÉCTRICO	SA-120	SO-180, SO-200, SO-080: uso obligatorio de guantes, calzado y pantallas aislantes	SP-270: prohibido tocar	SD-008 Instrucciones de primeros auxilios SD-006 Procedimientos de seguridad de trabajos en baja tensión
RIESGO DE ATRAPAMIENTOS	SA-210		SP-260, SP-280: prohibido tocar y manipular en funcionamiento	Maquinaria con movimiento automático
CARGAS SUSPENDIDAS	SA-250		SP-200: prohibido colocarse debajo de las cargas suspendidas	
GOLPES CONTRA OBJETOS FIJOS	SA-290	SO-040: uso obligatorio de casco		
CAIDAS A DISTINTO NIVEL	SA-330	SO-220: uso obligatorio de protección anticaídas		Aguas profundas, no acercarse Aro salvavidas con rabiza SM-580
CAIDAS AL MISMO NIVEL	SA-320	Uso de calzado antideslizante		

Tabla 16. Señales de advertencia, obligación, prohibición e información.

1.4.3.4. Pautas de señalización de las señales descritas.

- Riesgo biológico

Al ser un riesgo que afecta a la totalidad del centro, bastaría con colocarla a la entrada de la planta, preferiblemente una vez traspasada la entrada del recinto y antes de acceder a las instalaciones de la misma. Sería conveniente colocar señales adicionales en los accesos a zonas donde pueden generarse aerosoles, acompañada de la información descrita en la tabla anterior.

También se señalizará aquel lugar donde se almacenan herramientas, básicamente de limpieza, que estén en contacto con agua residual.

Colocaremos en la puerta una señal de prohibición de entrada a personas no autorizadas.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *Sustancias tóxicas*

Se colocarán en los accesos de las dependencias donde existan sustancias tóxicas o bien, en aquellas zonas susceptibles de acumulación de gases como el sulfhídrico.

Se acompañará con una señalización de uso obligatorio de protección respiratoria.

- *Sustancias corrosivas*

Se colocarán en el acceso a salas o almacenes de sustancias corrosivas, o bien, en las zonas donde se ubiquen éstos, si los locales son muy grandes. Se acompañarán de señales de obligación de uso de equipos de protección, así como información de ubicación de duchas, lavaojos y botiquín.

Si el almacenamiento y manejo de estas sustancias fuera importante (instalaciones de desodorización, instalaciones de gas cloro, etc.) deberían colocarse carteles de mayor tamaño que recogieran información más completa acerca del tipo de producto, normas de manipulación, riesgos y actuación en caso de accidente.

- *Sustancias inflamables y explosivas*

Se señalizará la ubicación de dichas sustancias y la existencia de los medios de extinción necesarios, así como cualquier otra información complementaria acerca de controlar algún escape de este tipo de sustancias, sea derrame o rotura de conducciones, etc...

- *Ruido*

Se señalizará en el acceso a las dependencias dónde el nivel sonoro supere los 90 dBA. Se acompañará de señal de obligación de uso de protección sonora.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *Riesgo eléctrico*

Como norma general se colocará una pequeña señal de advertencia sobre todos los cuadros eléctricos de mando y maniobra. Se señalizarán las instalaciones de alta tensión, como salas de transformadores, torres, etc.

En aquellas dependencias donde existan mayores concentraciones de cuadros se colocará señal de prohibido tocar, uso obligatorio de equipos de protección, procedimientos de seguridad para baja y alta tensión e instrucciones de primeros auxilios.

- *Atrapamientos*

En aquellas máquinas con deficientes resguardos, o máquinas con movimiento automatizado se indicará el riesgo de atrapamientos, la prohibición de tocar o de manipular en funcionamiento y letreros informativos de máquinas con movimiento automático.

- *Cargas suspendidas*

Se colocará señal de cargas suspendidas en aquellas salas en las que existan puentes grúa y polipastos y estos sean usados al menos esporádicamente.

Se señalizará así mismo en caso de existencia de cuchara bivalva en pozo de gruesos.

Se señalizará la prohibición de permanecer debajo de las cargas suspendidas.

- *Golpes contra objetos fijos*

De existir lugares de paso cuyas dimensiones no se ajusten a normativa e impliquen golpes en las extremidades o en la cabeza, se señalizará con la debida antelación la existencia de dicho peligro.

Si en zonas demasiado bajas o con elementos que impliquen golpes en la cabeza, se va a trabajar durante cierto tiempo se obligará el uso del casco.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *Caídas a distinto nivel*

Se señalará el riesgo en aquellas zonas en que exista riesgo de caídas a distinto nivel y dónde no se haya colocado protección colectiva completa.

Nos estaremos refiriendo a balsas y decantadores dónde el murete de fábrica no alcanza los 90 cm de altura, o dónde existen cadenas en vez de barandillas con barra intermedia, o barandillas desmontables para tareas de mantenimiento, etc.

En el caso de tareas de mantenimiento o limpieza que impliquen riesgo de caída por el tipo de maniobra o protección colectiva deficiente se señalará uso obligatorio de arnés de seguridad o cinturón anticaídas.

En el caso de riesgo de caída a balsas y decantadores se señalará así mismo, la ubicación de equipos salvavidas, tanto flotadores como chalecos y cuerdas de recogida.

- *Caídas al mismo nivel*

Se señalará el riesgo de resbalamientos en zonas húmedas y en la sala de preparación de polielectrolito.

Se señalará el uso obligatorio de calzado antideslizante.

Independientemente de toda la señalización descrita, es obligatorio señalar con carácter general todos los medios de extinción, las vías de evacuación, las salidas y cualquier otro elemento que venga descrito en el plan de emergencia de la planta.

También es necesario dotar de señalización en el caso de circulación en el interior de vehículos, indicando limitación de velocidad, direcciones de circulación y prohibiciones de estacionamiento.

Por, último, en lugar visible para todos, se colocarán paneles dónde se indique de forma global información acerca de los equipos de protección individual existentes, primeros auxilios, teléfonos de emergencia, plan de emergencia, procedimientos de seguridad de la empresa, normas básicas de seguridad, etc.



Para terminar, se tendrá en cuenta que la señalización debe ser la estrictamente necesaria, siendo negativo la saturación y repetitividad.

1.4.4. Medicina preventiva y primeros auxilios.

Las posibles enfermedades profesionales que puedan originarse en esta obra son las normales que tratan la medicina del trabajo y la higiene industrial. Todo ello se resolverá de acuerdo con los servicios de prevención de empresa quienes ejercerán la dirección y el control de las enfermedades profesionales, tanto en la decisión de utilización de los medios preventivos como la observación médica de los trabajadores.

- Botiquines

Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la normativa de Seguridad y Salud en el Trabajo y, junto a él en lugar visible, el listado de teléfonos de urgencia y direcciones de los centros asistenciales más próximos.

- Asistencia de accidentados

Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los centros médicos más cercanos donde se deberá acudir a recibir asistencia primaria o especializada de urgencias (Servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades laborales, Ambulatorios, etc.).

- Reconocimiento médico

Todo el personal que empiece a trabajar, deberá pasar un reconocimiento médico previo al inicio del trabajo y que será repetido en el periodo de un año, o cada vez que cambie de puesto de trabajo o las condiciones del mismo.



- *Formación e información de los trabajadores*

Todo el personal de la obra, deberá estar informado de sus funciones, de los riesgos inherentes a su trabajo y de las normas establecidas con el fin de evitarlos. Igualmente todo el personal deberá recibir formación adecuada en prevención de riesgos laborales y primeros auxilios.

1.4.5. Medidas de higiene personal e instalaciones del personal.

Las previsiones para estas instalaciones de higiene del personal son:

- Barracones metálicos para vestuarios, comedor y aseos.
- Edificación complementaria de fábrica de ladrillo, revocado y con acabados, para cuarto de calentar comidas.

Ambos dispondrán de electricidad para iluminación y calefacción, conectados al provisional de obra.

La evacuación de aguas negras se hará directamente a la cloaca situada en el frente de parcela

- Dotación de los aseos: dos retretes de taza turca con cisterna, agua corriente y papel higiénico. Cuatro con agua fría y caliente. Seis lavabos individuales con agua corriente, jabón y secador de aire caliente. Espejos de dimensiones apropiados.
- Dotación del vestuario: taquillas individuales con llave. Bancos de madera. Espejo de dimensiones apropiadas.
- Dotación del comedor: mesas corridas de madera con bancos del mismo material. Plancha para calentar la comida. Recipientes con cierre para vertido de desperdicios. Pileta para lavar platos.
- Dotación de medios para evacuación de residuos: cubos de basura en comedor y cocina con previsión de bolsas de plásticas reglamentarias. Cumpliendo las Ordenanzas Municipales se pedirá la instalación en la acera de un deposito sobre ruedas reglamentario.



1.4.6. Normas de prevención.

Las obras de construcción, por el elevado índice de siniestralidad laboral que presentan, deben realizar un especial esfuerzo en la prevención de accidentes. Esta prevención se debe entender en un sentido amplio, es decir, hay que proteger tanto a los profesionales que en ella trabajan, como a las personas ajenas a la obra y los bienes muebles e inmuebles colindantes.

En este anejo de normas de prevención se pretende dar una indicación de las medidas básicas que se deben respetar en cada uno de los oficios y para el manejo de cada herramienta, máquina, instrumento o producto. Este anejo no pretende ser exhaustivo, sino dar apuntes de la forma de hacer las cosas, sin perjuicio del deber de respetar en todo momento la legislación vigente, contenida en el código civil, las normas técnicas y la legislación de prevención de riesgos laborales. Corresponde al contratista elaborar y mantener actualizado un manual de procedimientos que contemple las medidas preventivas a adoptar en cada trabajo y, que le sirva como base para formar e informar a sus trabajadores en los riesgos inherentes a su oficio y a los medios para prevenirlos, tal como establece la legislación vigente.

1.4.6.1. Normas de prevención de carácter general.

- Siempre que se realice una zanja o excavación cercana a cualquier construcción (edificaciones, muros, obras de fábrica...), se deberá asegurar previamente la estabilidad de ésta mediante apuntalado, entibación, excavación por tramos cortos, o cualquier otro medio que aconseje las características de la construcción.
- Siempre que exista riesgo de caída de objetos desde altura, se deberán disponer las protecciones necesarias para evitar daños, que pueden ser viseras, redes, acotamiento de espacios, etc.
- Los huecos horizontales (pozos, zanjas, alcorques, etc.) y verticales (forjados, coronación de taludes, bordes de zanja, etc.) deberán estar convenientemente cubiertos mediante tapas, barandillas, etc. para evitar riesgos de caída y, estar acotados y señalizados mediante vallas o cintas de señalización.
- Las superficies de las zonas de tránsito de personas ajenas a la obra, deberán cumplir las siguientes condiciones:



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- ✓ Deberán estar perfectamente allanadas.
- ✓ No podrán presentar irregularidades ni cambios de rasante.
- ✓ Deberán permanecer limpias y despejadas de objetos, escombros, maquinaria, etc.
- ✓ Se deberá acotar y señalizar la zona de paso segura.
- ✓ Se deberán disponer cuantas plataformas de paso, pasarelas protegidas, etc. sean necesarias.

Iguales condiciones deberán cumplir todas las zonas de la obra donde no exista un tajo abierto, con el fin de evitar riesgos innecesarios a los trabajadores.

- Se deberá instalar toda la señalización viaria y de seguridad, tanto horizontal como vertical o luminosa, necesaria para la circulación de trabajadores, personas ajenas y vehículos en las inmediaciones de la obra en las condiciones de seguridad que establecen las normativas de seguridad vial y de señalización de seguridad.
- La obra se ejecutará en las fases necesarias, teniendo en cuenta la necesidad de evitar molestias innecesarias a las personas ajenas a ella.
- Teniendo en cuenta que la obra deberá estar acotada en todo su perímetro, se dividirá la obra en tantas fases como sea necesario en función de las protecciones colectivas dispuestas en el plan de seguridad y salud.
- En todo momento se deberán atender las indicaciones del coordinador de seguridad y salud de la obra o, en su defecto, de la dirección facultativa.

1.4.6.2. Normas de prevención en el uso de los medios auxiliares.

- *Andamios de borriquetas*

Los andamios de borriquetas a instalar cumplirán los siguientes requisitos de seguridad estructural:



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- Separación.máxima de los puntos de apoyo de los tablones, 2,5 m
- Plataforma de trabajo formada por tres tablones de un mínimo de 5x20 cm. de escuadra, unidos entre sí mediante listones transversales dispuestos en la cara inferior.
- La plataforma de trabajo quedará clavada, atada o embriada a las borriquetas.
- Las plataformas de trabajo que deban formarse a 3 ó más metros de altura se arriostrarán con cruces de San Andrés.
- Las plataformas se mantendrán limpias de residuos o de materiales que puedan hacer las superficies de apoyo resbaladizas.

Cuando la altura de la plataforma de trabajo sea igual o superior a 2 m. se rodeará de barandillas sólidas a 90 cm. de altura formadas por tubo pasamanos, tubo intermedio y rodapié de 15 cm.

Las plataformas de trabajo no sobresaldrán de los laterales de las borriquetas longitudes iguales o superiores a los 50 cm., para prevenir los riesgos por basculamiento de los tablones.

Los andamios sobre borriquetas no utilizarán para sustitución de alguna o de ambas borriquetas, elementos extraños (bidones, pilas de materiales, etc.), en prevención de los riesgos por inestabilidad.

Los materiales se colocarán sobre los tablones de forma uniformemente repartida, para prevenir las sobrecargas innecesarias y las situaciones inestables.

Las borriquetas metálicas se mantendrán libres de óxido, aisladas mediante pinturas anticorrosivas.

Las borriquetas de madera se mantendrán limpias de materiales y escorrentíos que dificulten observar si la madera continúa en buen estado.

Las plataformas sobre borriquetas de amplia superficie, se constituirán con borriquetas de idéntica altura y tablones del mismo grosor para evitar desniveles y resaltos.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Los andamios de borriquetas utilizados para el montaje de escayolas o para pintura, se limpiarán diariamente para evitar las superficies de trabajo resbaladizas y que se oculte el estado de la madera utilizada.

- *Torreta o castillete de hormigonado*

Normas que debe reunir:

Se construirán mediante ángulos de hierro soldado.

Estarán formadas por:

- 4 angulares (pies derechos) arriostrados mediante “Cruces de San Andrés”.
- Sobre éstos, una plataforma horizontal de dimensiones mínimas de 1x1 m. preferiblemente formada por tablonos de madera trabados entre sí y apoyados en los angulares perimetrales.
- Bordeando la plataforma se soldará una barandilla de 90 cm. de altura, barra intermedia y rodapié de 15 cm. de altura, en chapa metálica.
- El acceso se realizará mediante una escalera metálica cuyos largueros en coronación serán elementos de la barandilla franqueando el acceso. Esta escalera quedará soldada a las barandillas, angular de sustentación de la plataforma, “cruces de San Andrés” y bastidor horizontal inferior de recercado de los pies derechos.
- El acceso, durante la permanencia de personal sobre la plataforma quedará cerrado bien mediante cadena, bien mediante un larguero articulado.

- *Escaleras de mano*

Preferentemente serán metálicas, y sobrepasarán siempre 1 m. de altura a salvar una vez puestas en correcta posición.

Cuando sean de madera, los peldaños serán ensamblados, y los largueros serán de una sola pieza, y en caso de pintarse se hará con barnices transparentes.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

En cualquier caso dispondrán de zapatas antideslizantes en su extremo inferior y estarán fijadas con garras o ataduras en su extremo superior para evitar deslizamientos.

Está prohibido el empalme de dos escaleras a no ser que se utilicen dispositivos especiales para ello.

Las escaleras de mano no podrán salvar más de 5 m., a menos que estén reforzadas en su centro, quedando prohibido el uso de escaleras de mano para alturas superiores a siete metros.

Para cualquier trabajo en escaleras a más de 3 m. sobre el nivel del suelo es obligatorio el uso de cinturones de seguridad, sujeto a un punto sólidamente fijado, las escaleras de mano sobrepasarán 1 m., el punto de apoyo superior una vez instalados.

Su inclinación será tal que la separación del punto de apoyo inferior será la cuarta parte de la altura a salvar.

El ascenso y descenso por escaleras de mano se hará de frente a las mismas.

No se utilizarán transportando a mano y al mismo tiempo pesos superiores a 25 Kg.

Las escaleras de tijeras o dobles, de peldaños, estarán provistas de cuerdas o cadenas que impidan su abertura al ser utilizadas y topes en su extremo inferior.

1.4.6.3. Normas de prevención en el uso de la maquinaria.

- Normas generales en el uso de la maquinaria

Nunca permitir el paso y/o estacionamiento de personas en el radio de acción de las máquinas.

Nunca permitir subir a las máquinas (exclusivamente el conductor)

Nunca efectuar reparaciones, reglajes, etc., con la maquinaria en movimiento.

Todas las máquinas deberán tener colocadas las carcasas de protección, teniendo protegidos todos los elementos móviles de la máquina mediante protecciones o resguardos oportunos.

Esto es especialmente importante en los elementos de transmisión.

Las tareas de reparación y mantenimiento deberán ser realizadas por personal especializado y siempre con la máquina parada y desconectada de la fuente de alimentación o con la llave quitada.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Nunca poner en marcha una máquina sin asegurarse de que ninguno de los mandos está embragado.

Nunca utilizar las máquinas por encima de su capacidad recomendable.

Nunca trabajar con una máquina que se sospecha va a averiarse.

- *Maquinaria de movimiento de tierras y excavaciones*

Estarán equipadas con:

Señalización acústica automática para la marcha atrás.

Faros para desplazamientos hacia delante o hacia atrás.

Servofrenos y frenos de mano.

Pórticos de seguridad.

Retrovisores de cada lado.

Extintor.

Y en su utilización se seguirán las siguientes reglas:

Cuando una máquina de movimiento de tierras esté trabajando, no se permitirá el acceso al terreno comprendido en su radio de trabajo; si permanece estática, se señalará su zona de peligrosidad actuándose en el mismo sentido.

Ante la presencia de conductores eléctricos bajo tensión se impedirá el acceso de la máquina a puntos donde se pudiese entrar en contacto.

No se abandonará la máquina sin antes haber dejado reposada en el suelo la cuchara o la pala, parado el motor, quitada la llave de contacto y puesto el freno.

No se permitirá el transporte de personas sobre estas máquinas.

No se procederá a reparaciones sobre la máquina con el motor en marcha.

Los caminos de circulación interna se señalarán con claridad para evitar colisiones o roces, poseerán la pendiente máxima autorizada por el fabricante para la máquina que menor pendiente admita.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

No se realizarán ni mediciones ni replanteos en las zonas donde estén trabajando máquinas de movimiento de tierras hasta que estén paradas y en lugar seguro de no ofrecer riesgo de vuelcos o desprendimiento de tierra.

- *Pala cargadora*

Normas de seguridad

Comprobación y conservación periódica de los elementos de la máquina.

Empleo de la máquina por personal autorizado y cualificado.

Si se cargan piedras de tamaño considerable se hará una cama de arena sobre el elemento de carga, para evitar rebotes y roturas.

Está prohibido el transporte de personas en las máquinas.

La batería quedará desconectada, la cuchara apoyada en el suelo y la llave de contacto no quedará puesta siempre que la máquina finalice su trabajo por descanso u otra causa.

No se fumará durante la carga de combustible, ni se comprobará con llama el llenado del depósito.

Se considerarán por giros incontrolados al bloquearse el neumático. El hundimiento del terreno puede originar el vuelco de la máquina con grave riesgos para el personal.

Protecciones colectivas

Está prohibida la permanencia de personas en la zona de trabajo de la máquina.

Protecciones individuales

Casco de seguridad homologado.

Botas antideslizantes.

Gafas de protección contra el polvo en tiempo seco.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Asiento anatómico.

- *Camión basculante*

Normas de seguridad

La caja será bajada inmediatamente después de efectuada la descarga y antes de emprender la marcha.

Al salir y entrar al solar lo hará con precaución, auxiliado por las señales de un miembro de la obra.

Si tuviera que parar en la rampa de acceso el vehículo quedará frenado y calzado con topes.

Respetará la señalización de la obra.

Las maniobras dentro de la obra se harán sin brusquedades, anunciándose con antelación.

Protecciones colectivas

No habrá nadie cerca del camión al maniobrar.

Si descarga material en las proximidades de zanja o pozo de cimentación, se aproximará a una distancia mínima de 1 m., garantizada ésta mediante topes.

Protecciones individuales

Usará casco homologado cada vez que baje del camión.

Durante la carga permanecerá fuera del radio de acción de la máquina y alejado del camión.

Antes de comenzar la descarga echará el freno de mano.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *Dumper (motovolquete autopropulsado)*

Máquina utilizada en obra para transporte de materiales (escombros, tierras, sacos de cemento, encofrados, etc.).

Es una máquina versátil y muy rápida.

Normas de seguridad

Instalación de tope final de recorrido cuando se descarga al borde de zanjas, vaciado, etc.

El conductor del dumper será experto en el manejo de este vehículo.

Es conveniente que el conductor esté provisto de carnet de conducir clase B como mínimo, aunque no deba transitar por la vía pública.

Debe prestarse la máxima atención evitando distracciones.

Respetar las señales de circulación interna.

Cuando el conductor abandone la máquina, ésta debe quedar parada, frenada, metida una marcha contraria al sentido de la pendiente y calzada.

Antes de empezar a trabajar se comprobará que la presión de los neumáticos es la recomendada por el fabricante. Es fundamental para la estabilidad de la máquina.

No sobrepasar en ningún caso la carga máxima.

Debe llevar una placa con carga máxima autorizada.

Si se dedica al transporte de masas, llevará en el interior del cubilete una señal que indique el llenado máximo.

No se transportarán piezas (puntales, tablones, tableros, etc.) que sobresalgan lateralmente del cubilete del dumper.

No sobrepasar los 20 Km. por hora al circular dentro de la obra.

No realizar giros bruscos.

La circulación por pendientes debe realizarse marcha atrás.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Las discontinuidades en el terreno (zanjas, vaciados, pozos, etc.) deberán estar señalizadas.

El conductor debe tener siempre una perfecta visibilidad frontal.

Prohibición de llevar personas en la máquina.

Si hay que cruzar calles o carreteras, respetar las señales de tráfico.

Antes de empezar a trabajar comprobar el buen estado de los frenos.

Al efectuar la descarga en vertedero y una vez frenado el vehículo con el freno de mano, el conductor se bajará y accionará el cubilete de forma que en caso de vuelco no pueda cogerle.

Al arrancar el dumper no abrazar la manivela con el dedo pulgar.

La manivela debe agarrarse bien, para evitar los golpes por retroceso de la misma.

Si la máquina se utiliza durante toda la jornada, el conductor debe ir provisto de faja o cinturón antivibratorio.

Los elementos de suspensión del sillín del conductor deben estar en buenas condiciones.

- *Hormigonera eléctrica*

Tendrá protegidos, mediante carcasa, todos sus órganos móviles y de transmisión, (engranajes y corona en su unión) en evitación de atrapamientos.

Tendrá en perfecto estado el freno de basculamiento del bombo.

Se conectará al cuadro de disyuntores diferenciales por cables de 4 conductores (uno de puesta a tierra).

Se instalará fuera de zona batidas por cargas suspendidas, sobre la plataforma lo más horizontal posible y alejada de cortes y desniveles.

Las operaciones de limpieza y mantenimiento se ejecutarán con la máquina desconectada de la red.

El personal que la maneja tendrá autorización expresa para ello.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *Sierra circular*

Las partes metálicas estarán conectadas a la red general de toma de tierra en combinación con los disyuntores del cuadro eléctrico de alimentación.

Será manejada por el personal especializado y con instrucción sobre su uso, que poseerá autorización expresa del Jefe de obra para utilizar la máquina.

El personal que la maneje utilizará obligatoriamente gafas antiproyecciones y mascarilla de protección de las vías respiratorias.

El disco de corte será revisado periódicamente, sustituyendo toda hoja recalentada o que presente grietas, ya que podría romperse y producirse el accidente.

Estarán protegidas mediante carcasa cubre disco y cuchillo divisor.

Los cortes de materiales se realizarán mediante el disco más adecuado para el corte del material componente, en prevención de roturas y proyecciones.

Siempre que sea posible los cortes de materiales se realizarán en vía húmeda; es decir bajo el chorro de agua que impida el origen del polvo.

En caso de corte de materiales como los descritos en el punto anterior pero en los que no es posible utilizar la “vía húmeda” se procederá como sigue:

- 1) El operario se colocará para realizar el corte a sotavento, es decir, procurando que el viento incidiendo sobre su espalda esparza en dirección contraria el polvo proveniente del corte efectuado.
- 2) El operario utilizará siempre una mascarilla de filtros mecánicos recambiables apropiada al material específico a cortar; y quedará obligado a su uso.

El mantenimiento de estas máquinas será hecho por personal cualificado expresamente autorizado por la Jefatura de la Obra.

El transporte de este tipo de maquinarias en obras mediante las grúas se efectuará amarrándolas de forma equilibrada de cuatro puntos distintos.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

La mesa de sierra circular irá provista de una señal de “Peligro” y otra de “Prohibido el uso a personal no autorizado”.

- *Camión hormigonera*

Se procurará que las rampas de accesos a los tajos, sean uniformes y que no superen la pendiente del 20%.

Se procurará no llenar en exceso la cuba en evitación de vertidos innecesarios durante el transporte de hormigón.

Se evitará la limpieza de la cuba y canaletas en la proximidad de los tajos.

Los operarios que manejen las canaletas desde la parte superior de las excavaciones evitarán en lo posible permanecer a una distancia inferior a los 60 cm. del borde.

Queda expresamente prohibido el estacionamiento y desplazamiento del camión hormigonera a una distancia inferior a los 2 m. del borde de las excavaciones. En caso de ser necesaria una aproximación inferior a la citada se deberá entibar la zona de excavación afectada por el estacionamiento del camión hormigonera, dotándose además al lugar de un tope firme y fuerte para la rueda trasera del camión, en evitación de caídas y deslizamientos.

- *Compresor*

Cuando los operarios tengan que hacer alguna operación con el compresor en marcha (limpieza, apertura de la carcasa, etc.) se ejecutará con los cascos auriculares puestos.

Se trazará un círculo en torno al compresor, de un radio de 4 metros, área en la que será obligatorio el uso de auriculares. Antes de su puesta en marcha se calzarán las ruedas del compresor, en evitación de desplazamientos indeseables.

El arrastre del compresor se realizará a distancia superior a los 3 metros del borde de las excavaciones, en evitación de vuelcos por desplome de tierras.

Queda prohibido efectuar trabajos en las proximidades del tubo de escape.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Queda prohibido realizar maniobras de engrase y/o mantenimiento con el compresor en marcha.

- *Martillo neumático*

Las operaciones deberán ser desarrolladas por varias cuadrillas distintas, de tal forma que pueda evitarse la permanencia constante en el mismo y/u operarios durante todas las hora de trabajo, en evitación de lesiones en órganos internos. Los operarios que realicen estos trabajos, deberán pasar reconocimiento médico mensual de estar integrados en el trabajo de picador.

Las personas encargadas del manejo del martillo deberán ser especialistas en el manejo del mismo.

Antes del comienzo de un trabajo se inspeccionará el terreno circundante, intentando detectar la posibilidad de desprendimientos de tierras y roca por las vibraciones que se transmitan al terreno.

Se prohíbe realizar trabajos por debajo de la cota del tajo de martillos rompedores.

Se evitará apoyarse a horcadas sobre la culata de apoyo, en evitación de recibir vibraciones indeseables.

Se prohíbe abandonar los martillos rompedores conectados a la red de presión.

Se prohíbe, por ser una situación de alto riesgo, abandonar el martillo con la barrena hincada.

- *Grupos electrógenos*

Los grupos electrógenos se utilizarán para fabricación de energía eléctrica mientras no se disponga de la energía eléctrica de M.T. más cercana. Se ha previsto un grupo de 200 Kv para las instalaciones y un pequeño grupo de 75 Kv para las emergencias.

Normas preventivas

Sistema de protección contra contactos indirectos.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Para la prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, el sistema de protección elegido es el de puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales). Esquema de distribución TT (REBT MIBT 008).

Normas de prevención para los cables.

El calibre o sección del cableado será el especificado y de acuerdo a la carga eléctrica que ha de soportar, en función de la maquinaria e iluminación prevista.

Todos los conductores utilizados serán aislados de tensión nomina 1000 voltios como mínimo, y sin defectos apreciables (rasgones, repelones o similares). No se admitirán tramos defectuosos en este sentido.

Normas de prevención para los cuadros eléctricos.

Serán metálicos, de tipo para intemperie, con puerta y cerraja de seguridad (con llave), según norma UNE-20324.

Pese a ser de tipo para intemperie, se protegerán del agua de lluvia mediante viseras eficaces, como protección adicional.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Poseerán, adherida sobre la puerta, una señal normalizada de "Peligro, electricidad".

Se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien, a "pies derechos" firmes.

Poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie, en número determinado, según el cálculo realizado (Grado de protección recomendable IP.447).

Normas de protección

Los cuadros eléctricos de distribución se ubicarán siempre en lugares de fácil acceso.

Los cuadros eléctricos de intemperie, por protección adicional, se cubrirán con visera contra la lluvia.

Los postes provisionales de los que colgarán las mangueras eléctricas no se ubicarán a menos de 2 m. (como norma general) del borde de la excavación, carretera y asimilables.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

El suministro eléctrico al fondo de una excavación se ejecutará por un lugar que no sea la rampa de acceso, para vehículos o para el personal (nunca junto a escaleras de mano).

Los cuadros eléctricos, en servicio, permanecerán cerrados con las cerraduras de seguridad de triángulo, (o de llave), en servicio.

No se permite la utilización de fusibles rudimentarios (trozos de cableado, hilos, etc.), debiéndose utilizar "cartuchos fusibles normalizados" adecuados a cada uso.

- *Vibrador*

Normas de seguridad

El vibrado se hará siempre desde posición estable.

La manguera de alimentación eléctrica estará protegida si discurre por zonas de paso.

Protecciones colectivas.

Los vibradores serán de doble aislamiento. De no ser así llevarán conductor de protección conectado a un cuadro auxiliar con interruptor diferencial de alta sensibilidad (30 mA).

Protecciones individuales.

Casco homologado.

Botas de goma.

Guantes de goma.

Gafas para protección contra las salpicaduras.

1.4.6.4. Herramientas manuales de uso individual.

- *Martillos*

Pese a ser una herramienta de uso cotidiano, debe considerarse como peligrosa sobre todo en operaciones de taqueado, siendo imprescindible entonces, emplear gafas protectoras. En todo



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

caso se utilizarán tan solo cuando no pueda disponerse de otras herramientas como taladros y pistolas fijaclavos.

Se vigilará la posibilidad de que su cara de golpeo pueda desprender esquirlas. Se rechazarán los martillos que presenten rebabas.

Los mangos no deberán estar astillados ni reforzados con cuerdas o alambre.

No se empleará el mango del martillo para dar vueltas a otras herramientas o como palanca.

- *Mazos (martillo de 2 Kg)*

En el empleo de mazos hemos de asegurarnos que haya espacio alrededor tanto de obstáculos como de personas.

Es de la mayor importancia vigilar el ajuste de su mango.

- *Destornilladores*

El destornillador solo debe emplearse para apretar y aflojar tornillos. Se empleará el adecuado en cada caso. En los planos hay que tener en cuenta que la pala del destornillador debe ajustarse hasta el fondo de la ranura del tornillo pero sin sobresalir lateralmente, y ser del mismo ancho. En los de otros tipos (cruz, allen, vaso, etc.) deberá utilizarse el de la medida adecuada.

Sus mangos serán aislantes a la corriente eléctrica.

Cuando el destornillador se emplee en piezas pequeñas, no se sujetarán éstas con la mano, pues el deslizamiento del destornillador puede lesionarla.

En general, las manos se dispondrán fuera de la posible trayectoria del destornillador.

- *Alicates*

No se utilizarán nunca para apretar o aflojar tuercas.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Existen diversos tipos (corte, pelahilos, juntas, etc.) cada uno con una función determinada fuera de la cual no deben utilizarse.

- *Brochas*

Las brochas empleadas en operaciones de limpieza carecerán de partes metálicas.

1.4.6.5. Normas de seguridad para el personal.

- *Personal de obra en general*

Obligaciones

Es obligatorio el uso de todo el equipo individual de Seguridad que se le asigne: casco, gafas, guantes, etc.

Siga las instrucciones de sus superiores.

Use las herramientas adecuadas, cuando finalice guárdelas.

Avise inmediatamente de todos los peligros que observe.

Ayude a mantener el orden y la limpieza de la obra.

Ante cualquier accidente, avise inmediatamente a su superior.

En caso de tener un accidente "in itinere" estará obligado a comunicarlo de inmediato a la obra. De no poder ser, deberá exigir al Médico que le asista un documento que acredite dicho accidente con la hora y lugar donde se han producido.

Prohibiciones

No inutilice nunca los dispositivos de seguridad.

No gaste bromas. Respete a sus compañeros y será respetado.

No haga nada sin saber hacerlo bien. Pregunte antes.

No realice reparaciones mecánicas ni eléctricas. Para eso avise a las personas especializadas.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

No haga temeridades.

- *Encargado de obra*

Como normas generales el Encargado de la obra observará las siguientes:

Acopios

1. Llegada del elemento de transporte a obra.

Los caminos de rodadura de vehículos automóviles, deben estar siempre en perfectas condiciones de tránsito.

Se mantendrán limpios de piedras u objetos que caen de los camiones normalmente en los lugares donde existan fuertes pendientes.

En lugares de posible permanencia de obreros se limitará la velocidad de los vehículos. La velocidad máxima no será de más de 20 Km/h.

Si hay peligro de aparición de polvo, los caminos se regarán habitualmente, teniendo en cuenta que un riego excesivo puede hacer la pista resbaladiza.

Se prohibirá terminantemente que el chofer descargue a su libre albedrío, por lo que deberá presentarse al capataz del tajo, quien le conducirá al lugar de descarga o designará a quien lo haga.

La persona indicada emplazará en lugar indicado el vehículo dirigiendo personalmente la maniobra desde el lado izquierdo de éste. Tendrá especial cuidado de que nadie esté detrás del vehículo.

2. Descarga.

La descarga de materiales puede hacerse:

- Descarga por volteo de camión.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

El conductor del camión permanecerá siempre dentro de la cabina, salvo que reciba órdenes especiales de la peligrosidad del tajo.

El individuo que dirige la descarga dará la orden de elevación del basculante, no sin antes haberse cerciorado de que no hay nadie detrás ni en los laterales del camión. Una vez terminada la maniobra, el individuo que la dirige dará la orden de salida, una vez que esté el basculante en su posición horizontal.

Descarga a mano con cuadrilla.

Deberán tomarse las siguientes medidas:

La descarga será dirigida por un solo hombre.

Se asignará el número necesario de hombres, ni más ni menos.

Todos los hombres llevarán el equipo de protección personal adecuado.

Descarga por medios mecánicos.

Los cables de embrague serán de resistencia suficiente.

Los puntos de amarre serán lo suficientemente sólidos.

Los perrillos se colocarán adecuadamente (tuercas del lado del cable largo).

La operación será dirigida por un solo hombre.

Nadie permanecerá debajo de la carga suspendida (radio de acción).

De esto se hará responsable el capataz o Jefe de Equipo.

3. Apilamientos.

Cada material se apilará de forma conveniente, teniendo en cuenta que:

Las bases deberán ser amplias para hacer el apilamiento estable.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Nunca tendrán éstos alturas superiores a 2 m.

Los pisos donde se apilan deberán resistir la carga.

4. Distribución del material al tajo.

Lo distribuirán siempre el número de hombres necesarios observándose las siguientes medidas:

No levantar por hombre cargas superiores a 25 Kg.

No rotar el cuerpo bruscamente.

Levantar flexionando las piernas, nunca haciendo fuerzas con los brazos.

Tomar la carga adecuadamente cerca del cuerpo. Ver por donde se pisa.

5. Excavaciones.

Deberá conocer todas las normas de seguridad propias del maquinista y exigir su cumplimiento.

Será responsable de las medidas de entibación y recalce que haya de adoptar solicitando si lo cree necesario el debido asesoramiento técnico.

Señalará a los maquinistas los puntos de peligro de derrumbamiento o aquellos que pudieran comprometer la estabilidad de una construcción.

Vigilará que todo el personal permanezca fuera del radio de acción de las máquinas y lejos de taludes peligrosos.

Revisará la excavación antes de reanudarse el trabajo y cuando haya llovido.

Cuando tenga que trabajar el personal para limpiar las zanjas los colocará a una distancia mínima de 1,50 m.

Ordenará la sustitución de toda herramienta en mal estado.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Instalará barandillas rígidas en el borde de la excavación.

Cuidará de que mientras se efectúe la carga de un camión, el conductor permanecerá en la cabina. En caso contrario, utilizará casco, nunca se situará en el lado opuesto a la carga.

Vigilará que los caminos de acceso a los camiones se encuentren en perfecto estado.

Si la zona de excavación es polvorienta, mandará regar convenientemente la misma.

Señalizará convenientemente los accesos a la obra y las zonas de peligro.

Caso de rotura accidental de una conducción eléctrica mantendrá el personal alejado de la misma y solicitará de la Compañía propietaria del servicio el corte de suministro.

6. Estructuras de hormigón.

Vigilará que siempre que los camiones descarguen el hormigón en pendientes, tengan topes adecuados.

Durante el hormigonado se llevará vigilancia del encofrado y apuntalamientos si los hubiera, reforzándolos cuando sean necesarios.

Cuidará que la instalación eléctrica para suministro de corriente a vibradores y demás máquinas eléctricas esté conectada al cuadro con disyuntor diferencial y toma de tierra.

Mantendrán limpio el tajo en lo referente a puntas, maderas, latiguillos, etc.

Recordará siempre que la mayor parte de los accidentes de los operarios se deben a proyecciones de hormigón en los ojos, por lo que tratará de evitarlas y obligará al personal que trabaja en el vertido se provea de gafas de seguridad.

Prohibirá que el personal suba o baje por el encofrado.

Las escaleras a utilizar serán metálicas.

En el hormigonado de pilares se utilizarán castilletes provistos de barandillas y rodapiés.

Prohibirá el uso de bidones como borriquetas.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Será de uso obligatorio el cinturón de seguridad en todo trabajo de altura que exista peligro de caída al vacío.

Cuidará que el cazo de hormigón llegue al punto de vertido perfectamente parado y, dispondrá al personal para que no pueda recibir ningún golpe.

Se instalarán pasarelas mediante tablonas para que el personal transite por lugares firmes.

Vigilará el acopio de ferralla de tal forma que no dificulte las zonas de paso.

Vigilará el estado de los encofrados.

Cuidará de que la sierra de disco tenga en todo momento sus protecciones, así como de que el disco esté siempre en perfecto estado, y la use personal entrenado.

No permitirá que el personal no autorizado trabaje con la sierra de disco.

Dará las instrucciones necesarias para que los operarios, bajo ningún concepto, arrojen herramientas o materiales desde altura.

Procurará que las banquetas que se utilizan para encofrar los pilares reúnan condiciones de seguridad.

En todo momento el material estará ordenado sobre la zona de trabajo.

Dará las órdenes a los operarios para que remachen o quiten las puntas al desencofrar.

Los encofradores llevarán las herramientas en una bolsa, pendiente del cinturón.

Vigilará si en la zona donde trabajan los operarios es necesaria la colocación de redes, barandillas o cinturones.

Cuidará del estado de las escaleras y de que estén sujetas para evitar vuelcos.

Mandarà tapar todos los huecos con protecciones adecuadas.

Cuidará del estado de andamios a fin de que se mantengan perfectamente seguros.

Se quitará anillos y alianzas durante el trabajo.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Está prohibido correr o caminar por alturas peligrosas sin tomar las convenientes medidas de seguridad.

Está prohibido trabajar con herramientas en mal estado o deterioradas.

7. Albañilería.

Debe siempre cerciorarse de la seguridad de los andamios en los que tenga que trabajar antes de subirse a ellos.

No recargar de materiales los andamios.

Si se trabaja en recintos cerrados y hay mucho polvo, se usará la mascarilla antipolvo.

Para trabajos de altura se ha de tener puesto y enganchado, a puntos bien firmes y seguros, el cinturón de seguridad, si no existen medios de protección colectiva.

En los trabajos de picado y siempre que sean de temer salpicaduras por desprendimientos de partículas, se utilizarán gafas de protección.

Hará que se compruebe antes de comenzar la jornada el buen estado de los útiles y herramientas y al terminar la faena se dejará todo bien limpio en su sitio y orden.

Cuidar los accesos seguros y cómodos que correspondan en cada caso.

Awise a su superior inmediato si ve condiciones peligrosas que pudieran ser causa de accidente.

NOTA: El encargado conocerá el PLAN DE SEGURIDAD y hará cumplir las normas de seguridad indicadas en el mismo para la ejecución de cada unidad de obra y para cada oficio.

- Vigilante de prevención

Inspeccionará los tajos según el criterio del Jefe de Obra.

Anotará los puntos incorrectos e informará al Jefe de Obra.

Conocerá perfectamente todo el Plan de Seguridad.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Examinará las condiciones relativas al orden, limpieza, ambiente, instalaciones, máquinas, herramientas y procesos laborales en la obra y comunicará al Jefe de Obra y al Encargado la existencia de riesgos que puedan afectar a la vida o salud de los trabajadores, con objeto de que sean puestas en práctica las oportunas medidas de corrección.

Investigará todo accidente blanco o con baja y colaborará con el Jefe de la Obra y el administrativo, en la confección del parte de accidente.

Prestará los primeros auxilios a los accidentados y proveerá cuanto sea necesario para que reciban inmediata asistencia sanitaria que el estado o situación de los mismos pudiera requerir.

Colaborará con el Jefe de Obra para la elección y pedido de los elementos de seguridad colectivos y equipos de protección personal.

Promoverá el interés y cooperación de los trabajadores en orden a la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Sus funciones serán compatibles con las que normalmente preste en la obra.

- *Operador de la pala cargadora*

Antes de bajarse de la máquina, apoye el cazo en el suelo.

Cuide la limpieza del tajo y su entorno.

Cargue el cazo de manera estable para evitar caída de piedras.

Exija que el área de trabajo de su máquina esté despejada para evitar accidentes.

Utilice en los trabajos de carga y descarga la señal acústica conectada para la marcha atrás. Compruebe siempre su funcionamiento y no la desconecte.

El sistema de articulado puede aprisionarle. Extreme las precauciones cuando tenga que situarse en su radio de acción.

En ausencia del capataz, la responsabilidad del tajo de carga es de usted.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *Operador de retroexcavadora*

Extreme las precauciones en el posicionamiento de la máquina en los bordes, guardando las distancias de seguridad.

Asegúrese de que en el posicionamiento para excavar, tiene que disponer de sus hidráulicos apoyados en bases firmes y no ahuecadas.

Circule con la cuchara plegada y con la baliza luminosa intermitente.

Al descender por rampas, no olvide colocar el brazo de la cuchara en la parte trasera de la máquina.

No abandone la máquina sin parar el motor y tener el cazo apoyado o fijado.

No realice reparaciones con las máquinas en funcionamiento.

No permita presencia de trabajadores bajo el radio de acción de la máquina.

- *Operadores de camiones*

El conductor del camión permanecerá en la cabina mientras se carga, salvo en los casos en que la permanencia en ella pueda suponer algún peligro por no estar la cabina protegida contra los posibles impactos que se puedan producir al descargar.

Deberá utilizarse casco siempre que se baje del vehículo.

Utilizará obligatoriamente el cinturón de seguridad siempre que esté circulando.

Antes de iniciar la descarga, deberá tener bien frenado el vehículo con el freno de mano.

Bajará el basculante inmediatamente después de efectuada la descarga, y antes de emprender la marcha.

Al efectuar cualquier operación con el basculante levantado, lo sujetará con el dispositivo propio del camión, o en su defecto lo calzará con dos tablones.

Deberá cambiar las cubiertas cuando estén defectuosas y antes de que haya desaparecido el dibujo.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Cuando circule por lugares encharcados, o después de un lavado, deberá comprobar con frecuencia en buen funcionamiento de los frenos.

Extremará las precauciones en la conducción, al circular por terrenos resbaladizos, o en mal estado.

Respetará las señales de tráfico establecidas.

No circulará por el borde de zanja o taludes, para evitar derrumbamientos, o vuelcos.

Efectuará escrupulosamente todas las revisiones y comprobaciones necesarias para un correcto funcionamiento.

- *Operador de camión hormigonera*

Haga sonar la bocina antes de iniciar la marcha.

Cuando circule marcha atrás avise acústicamente.

Evite los caminos y puntos de vertido en los que pueda peligrar la estabilidad de un camión, y si no es posible, en los puntos críticos para la cuba, para evitar su inercia lateral, que facilita el vuelco.

Con la cuba en movimiento permanezca fuera de la zona de contacto de la misma.

Ante una parada de emergencia en pendiente, además de accionar los frenos, sitúe las ruedas delanteras o traseras con talud, según convenga.

Después de un recorrido por agua o barro, o al salir del lavadero, compruebe la eficacia de los frenos.

Extreme las precauciones en las pistas deficientes.

En las pistas de obra, puede haber piedras caídas de otros vehículos. Extreme las precauciones.

Por su fragilidad, proteja adecuadamente los pilotos y luces de gálibo, durante la carga y descarga.

No limpie su hormigonera con agua en las proximidades de una línea eléctrica.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Ancle debidamente las canaletas antes de iniciar la marcha.

Al vaciar la cuba, frene el camión.

Sitúe los espejos retrovisores convenientemente.

Cuando circule por vías públicas, cumpla la normativa del Código de Circulación vigente.

No compita con otros conductores.

Compruebe el buen funcionamiento de su tacógrafo, y utilice en cada jornada un disco nuevo (si está matriculado).

- *Operador de motoniveladora*

Extreme las precauciones ante taludes y zanjas.

En los traslados, circule siempre con precaución, la cuchilla elevada, sin que ésta sobrepase el ancho de su máquina.

Vigile la marcha atrás y accione la bocina.

No permita el acceso de personas, máquinas y vehículos a la zona de trabajo de la máquina, sin previo aviso.

Al parar, pose el escarificador y la cuchilla en el suelo. Sitúe ésta sin que sobrepase el ancho de la máquina.

- *Operador de compactador de neumáticos*

Compruebe la eficacia del sistema inversor de marcha y del sistema de frenado.

Extreme las precauciones al trabajar próximo a la extendedora.

Vigile la posición del resto de los compactadores. Mantenga las distancias y el sentido de la marcha.

No fije la vista en objetos móviles (nubes, vehículos, etc.) sobre todo al trabajar en puentes o pasos superiores, ya que perdería el sentido de la dirección



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Trabajando o circulando, tenga precaución con los taludes y desniveles, por posibles vuelcos.

Al acabar la jornada deje calzada la máquina con tacos especiales.

Sitúe los espejos retrovisores convenientemente.

- *Operador de compactador tándem vibratorio*

Compruebe la eficacia del sistema inversor de marcha y del sistema de frenado.

Extreme las precauciones al trabajar próximo a la extendedora.

Vigile la posición del resto de los compactadores. Mantenga las distancias y el sentido de la marcha.

No fije la vista en objetos móviles (nubes, vehículos, etc.) sobre todo al trabajar en puentes o pasos superiores, ya que perdería el sentido de la dirección.

Trabajando o circulando, tenga precaución con los taludes y desniveles, por posibles vuelcos.

Sitúe los espejos retrovisores convenientemente.

1.5. Tablas resumen de los principales riesgos profesionales.

MOVIMIENTOS DE TIERRAS		
RIESGOS MÁS FRECUENTES	MEDIDAS PREVENTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
Caídas de operarios al mismo nivel	Entibaciones	Casco de seguridad
Caídas de operarios al interior de la excavación	Limpieza de bolos y viseras	Botas o calzado de seguridad
Caídas de objetos sobre operarios	Apuntalamientos, apeos	Botas de seguridad impermeables
Caídas de materiales transportados	Achique de aguas	Guantes de lona y piel
Choques o golpes contra objetos	Barandillas en borde de excavación	Guantes impermeables
Atrapamientos y aplastamientos por partes móviles de maquinaria	Tableros o planchas en huecos horizontales	Gafas de seguridad
Lesiones y/o cortes en manos y pies	Separación tránsito de vehículos y operarios	Protectores auditivos
		Cinturón de seguridad



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

<p>Sobreesfuerzos</p> <p>Ruido, contaminación acústica</p> <p>Vibraciones</p> <p>Ambiente pulvígeno</p> <p>Cuerpos extraños en los ojos</p> <p>Contactos eléctricos directos e indirectos</p> <p>Ambientes pobres en oxígeno</p> <p>Inhalación de sustancias tóxicas</p> <p>Ruinas, hundimientos, desplomes en edificios colindantes</p> <p>Condiciones meteorológicas adversas</p> <p>Trabajos en zonas húmedas o mojadas</p> <p>Problemas de circulación interna de vehículos y maquinaria</p> <p>Desplomes, desprendimientos, hundimientos del terreno</p> <p>Contagios por lugares insalubres</p> <p>Explosiones e incendios</p> <p>Derivados acceso al lugar de trabajo</p>	<p>No permanecer en radio de acción máquinas</p> <p>Avisadores ópticos y acústicos en maquinaria.</p> <p>Protección partes móviles maquinaria</p> <p>Cabinas o pórticos de seguridad.</p> <p>No acopiar materiales junto borde excavación</p> <p>Conservación adecuada vías de circulación</p> <p>Vigilancia edificios colindantes</p> <p>No permanecer bajo frente excavación</p> <p>Distancia de seguridad líneas eléctricas</p>	<p>Cinturón antivibratorio</p> <p>Ropa de Trabajo</p> <p>Traje de agua (impermeable)</p>
--	--	--

Tabla 17. Movimientos de tierras.

CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURAS		
RIESGOS MÁS FRECUENTES	MEDIDAS PREVENTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
Caídas de operarios al mismo nivel	Marquesinas rígidas	Casco de seguridad
Caídas de operarios a distinto nivel	Barandillas	Botas o calzado de seguridad
Caída de operarios al vacío	Pasos o pasarelas	Guantes de lona y piel
Caída de objetos sobre operarios	Redes verticales	Guantes impermeables
Caídas de materiales transportados	Redes horizontales	Gafas de seguridad
Choques o golpes contra objetos	Andamios de seguridad	Protectores auditivos
Atrapamientos y aplastamientos	Mallazos	Cinturón de seguridad
Atropellos, colisiones, alcances y vuelcos de camiones	Tableros o planchas en huecos horizontales	Cinturón antivibratorio
Lesiones y/o cortes en manos y pies	Escaleras auxiliares adecuadas	Ropa de trabajo
Sobreesfuerzos	Escalera de acceso peldañeada y protegida	Traje de agua (impermeable)
Ruidos, contaminación acústica	Carcasas resguardos de protección	



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

<p>Vibraciones</p> <p>Ambiente pulverígeno</p> <p>Cuerpos extraños en los ojos</p> <p>Dermatitis por contacto de hormigón</p> <p>Contactos eléctricos directos e indirectos</p> <p>Inhalación de vapores</p> <p>Rotura, hundimiento, caídas de encofrados y de entibaciones</p> <p>Condiciones meteorológicas adversas</p> <p>Trabajos en zonas húmedas o mojadas</p> <p>Desplomes, desprendimientos, hundimientos del terreno</p> <p>Contagios por lugares insalubres</p> <p>Explosiones e incendios</p> <p>Derivados de medios auxiliares usados</p> <p>Radiaciones y derivados de la soldadura</p> <p>Quemaduras en soldadura oxiacetilénica</p> <p>Derivados acceso al lugar de trabajo</p>	<p>de partes móviles de máquinas</p> <p>Mantenimiento adecuado de la maquinaria</p> <p>Cabinas o pórticos de seguridad</p> <p>Iluminación natural o artificial adecuada</p> <p>Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito</p> <p>Distancia de seguridad a las líneas eléctricas</p>	
---	---	--

Tabla 18. Cimentación y estructuras.

CUBIERTAS, PLANAS, INCLINADAS Y MATERIALES LIGEROS		
RIESGOS MÁS FRECUENTES	MEDIDAS PREVENTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
Caídas de operarios al mismo nivel	Marquesinas rígidas	Casco de seguridad
Caídas de operarios a distinto nivel	Barandillas	Botas o calzado de seguridad
Caída de operarios al vacío	Pasos o pasarelas	Guantes de lona y piel
Caída de objetos sobre operarios	Redes verticales	Guantes impermeables
Caídas de materiales transportados	Redes horizontales	Gafas de seguridad
Choques o golpes contra objetos	Andamios de seguridad	Mascarillas con filtro mecánico
Atrapamientos y aplastamientos	Mallazos	Protectores auditivos
Lesiones y/o cortes en manos y pies	Tableros o planchas en huecos horizontales	Cinturón de seguridad
Sobreesfuerzos	Escaleras auxiliares adecuadas	Botas, polainas, mandiles y guantes de cuero para impermeabilización
Ruidos, contaminación acústica	Escalera de acceso peldañeada y protegida	Ropa de trabajo
Vibraciones		
Ambiente pulverígeno	Carcasas resguardos de protección	



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Cuerpos extraños en los ojos	de partes móviles de máquinas	
Dermatitis por contacto de cemento y cal	Plataformas de descarga de material	
Contactos eléctricos directos e indirectos	Evacuación de escombros	
Condiciones meteorológicas adversas	Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito	
Trabajos en zonas húmedas o mojadas	Habilitar caminos de circulación	
Derivados de medios auxiliares usados	Andamios adecuados	
Quemaduras en impermeabilizaciones		
Derivados del acceso al lugar de trabajo		
Derivados de almacenamiento inadecuado de productos combustibles		

Tabla 19. Cubiertas, planas, inclinadas y materiales ligeros.

ALBAÑILERÍA Y CERRAMIENTOS		
RIESGOS MÁS FRECUENTES	MEDIDAS PREVENTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
Caídas de operarios al mismo nivel	Marquesinas rígidas	Casco de seguridad
Caídas de operarios a distinto nivel	Barandillas	Botas o calzado de seguridad
Caída de operarios al vacío	Pasos o pasarelas	Guantes de lona y piel
Caída de objetos sobre operarios	Redes verticales	Guantes impermeables
Caídas de materiales transportados	Redes horizontales	Gafas de seguridad
Choques o golpes contra objetos	Andamios de seguridad	Mascarillas con filtro mecánico
Atrapamientos, aplastamientos en medios de elevación y transporte	Mallazos	Protectores auditivos
Lesiones y/o cortes en manos	Tableros o planchas en huecos horizontales	Cinturón de seguridad
Lesiones y/o cortes en pies	Escaleras auxiliares adecuadas	Ropa de trabajo
Sobreesfuerzos	Escalera de acceso peldañeada y protegida	
Ruidos, contaminación acústica	Carcasas resguardos de protección de partes móviles de máquinas	
Vibraciones	Mantenimiento adecuado de la maquinaria	
Ambiente pulvígeno	Plataformas de descarga de material	
Cuerpos extraños en los ojos	Evacuación de escombros	
Dermatitis por contacto de cemento y cal	Iluminación natural o artificial adecuada	
Contactos eléctricos directos	Limpieza de las zonas de trabajo y	
Contactos eléctricos indirectos		
Derivados medios auxiliares usados		



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Derivados del acceso al lugar de trabajo	de tránsito Andamios adecuados	
--	-----------------------------------	--

Tabla 20. Albañilería y cerramientos.

TERMINACIONES (ALICATADOS, ENFOCADOS, ENLUCIDOS, FALSOS TECHOS, SOLADOS, PINTURAS, CARPINTERÍA, CERRAJERÍA, VIDRIERÍA)		
RIESGOS MÁS FRECUENTES	MEDIDAS PREVENTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
Caídas de operarios al mismo nivel	Marquesinas rígidas	Casco de seguridad
Caídas de operarios a distinto nivel	Barandillas	Botas o calzado de seguridad
Caída de operarios al vacío	Pasos o pasarelas	Botas de seguridad impermeables
Caídas de objetos sobre operarios	Redes verticales	Guantes de lona y piel
Caídas de materiales transportados	Redes horizontales	Guantes impermeables
Choques o golpes contra objetos	Andamios de seguridad	Gafas de seguridad
Atrapamientos y aplastamientos	Mallazos	Protectores auditivos
Atropellos, colisiones, alcances, vuelcos de camiones	Tableros o planchas en huecos horizontales	Cinturón de seguridad
Lesiones y/o cortes en manos	Escaleras auxiliares adecuadas	Ropa de trabajo
Lesiones y/o cortes en pies	Escalera de acceso peldañeada y protegida	Pantalla de soldador
Sobreesfuerzos	Carcasas o resguardos de protección de partes móviles de máquinas	
Ruido, contaminación acústica	Mantenimiento adecuado de la maquinaria	
Vibraciones	Plataformas de descarga de material	
Ambiente pulvígeno	Evacuación de escombros	
Cuerpos extraños en los ojos	Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito	
Dermatitis por contacto cemento y cal	Andamios adecuados	
Contactos eléctricos directos		
Contactos eléctricos indirectos		
Ambientes pobres en oxígeno		
Inhalación de vapores y gases		
Trabajos en zonas húmedas o mojadas		
Explosiones e incendios		
Derivados de medios auxiliares usados		
Radiaciones y derivados de soldadura		
Quemaduras		
Derivados del acceso al lugar de trabajo		
Derivados del almacenamiento		



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

inadecuado de productos combustibles		
--------------------------------------	--	--

Tabla 21. Terminaciones (alicatados, enfoscados, enlucidos, falsos techos, solados, pinturas, carpintería, cerrajería, vidriería).

INSTALACIONES (ELECTRICIDAD, FONTANERÍA, GAS, AIRE ACONDICIONADO, CALEFACCIÓN, ASCENSORES, ANTENAS, PARARRAYOS)		
RIESGOS MÁS FRECUENTES	MEDIDAS PREVENTIVAS	PROTECCIONES INDIVIDUALES
Caídas de operarios al mismo nivel	Marquesinas rígidas	Casco de seguridad
Caídas de operarios a distinto nivel	Barandillas	Botas o calzado de seguridad
Caída de operarios al vacío	Pasos o pasarelas	Botas de seguridad impermeables
Caídas de objetos sobre operarios	Redes verticales	Guantes de lona y piel
Choques o golpes contra objetos	Redes horizontales	Guantes impermeables
Atrapamientos y aplastamientos	Andamios de seguridad	Gafas de seguridad
Lesiones y/o cortes en manos	Mallazos	Protectores auditivos
Lesiones y/o cortes en pies	Tableros o planchas en huecos horizontales	Cinturón de seguridad
Sobreesfuerzos	Escaleras auxiliares adecuadas	Ropa de trabajo
Ruido, contaminación acústica	Escalera de acceso peldañeada y protegida	Pantalla de soldador
Cuerpos extraños en los ojos	Carcasas o resguardos de protección de partes móviles de máquinas	
Afecciones en la piel	Mantenimiento adecuado de la maquinaria	
Contactos eléctricos directos	Plataformas de descarga de material	
Contactos eléctricos indirectos	Evacuación de escombros	
Ambientes pobres en oxígeno	Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito	
Inhalación de vapores y gases	Andamios adecuados	
Trabajos en zonas húmedas o mojadas		
Explosiones e incendios		
Derivados de medios auxiliares usados		
Radiaciones y derivados de soldadura		
Quemaduras		
Derivados del acceso al lugar de trabajo		
Derivados del almacenamiento inadecuado de productos combustibles		

Tabla 22. Instalaciones (electricidad, fontanería, gas, aire acondicionado, calefacción, ascensores, antenas, pararrayos).



1.6. 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.

IV.2. PLIEGO DE CONDICIONES.

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).



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- 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).



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- 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.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- 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. Condiciones de los medios a utilizar.

- 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 RD 1215/97, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

- 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.



2.3. Condiciones de los medios de protección.

2.3.1. Protecciones personales o individuales.

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.

Todo elemento de protección personal se ajustará a la normativa vigente, y deberá estar convenientemente certificado y tener el marcado CE en lugar visible. En los casos en que no sea exigible el marcado CE y no exista norma de certificación oficial, serán de calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

Todas las prendas y equipos de protección individual tendrán fijado un periodo de vida útil, recomendado por el fabricante, desechándose a su término.

No obstante, cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en un determinado equipo, o éste haya sufrido un trato límite, es decir el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente), se desechará y se repondrá inmediatamente, con independencia de la duración prevista o fecha de entrega.

El uso del equipo de protección nunca representará un riesgo en sí mismo y no exime de la adopción de las medidas de protección colectiva que sean necesarias.

- *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.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *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:

Pantallas abatibles con arnés propio.

Pantallas abatibles sujetas al casco de cabeza.

Pantallas con protección de cabeza incorporada.

Pantallas de mano.

- *Protección de los oídos*

Cuando el nivel de ruido sobrepasa los 80 dB(A) se proporcionarán elementos de protección auditiva adecuados (cascos o tapones antirruído) a todo trabajador que lo solicite. En caso de sobrepasar los 85 dB(A), el uso de estos elementos será obligatorio.

- *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:

Choque o impacto de partículas o cuerpos sólidos

A la acción de polvos y humos.

A la proyección o salpicaduras de líquidos.

Radiaciones peligrosas y deslumbramientos.



Por ello utilizaremos:

Gafas de montura universal con oculares de protección contra impactos y correspondientes protecciones adicionales, para evitar los riesgos de impacto, salpicadura, polvos y humos.

Pantallas normalizadas de protección para cada tipo de trabajo, siendo especialmente importante el uso de éstas en su defecto, gafas especiales para trabajo con riesgo de radiaciones nocivas (soldadura).

- Protección de las extremidades inferiores

El calzado a utilizar será el normal de seguridad. Únicamente cuando se trabaja 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 y en su caso rodilleras o polainas impermeables.

Para los trabajos en que exista posibilidad de perforación de las suelas por clavos o puntas, como el ferrallado, encofrado y desencofrado, se dotará al calzado de plantillas de resistencia a la perforación.

En aquellas operaciones que exista riesgo de aplastamiento del pie, se utilizará calzado con puntera reforzada.

- 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.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *Protección del aparato respiratorio*

Cuando exista en estos trabajos buena ventilación, y no se utilicen 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 mascarilla, dotados con filtros mecánicos con capacidad mínima de retención del 95%.

En caso de trabajos en atmósferas peligrosas, se utilizarán los medios reglamentarios, tales como equipos autónomos de respiración, filtros específicos para sustancias químicas, etc.

- *Protección de riesgos en el tronco, anticaídas, del cuerpo en general y especiales*

En todos los trabajos con riesgo de caída de más de 3m se deberá utilizar obligatoriamente cinturón de seguridad de adecuado que evite el riesgo (a excepción de cuando los medios de protección colectiva eliminen completamente el riesgo). 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

Todos los trabajadores con riesgo de vibraciones, deberán utilizar cinturones adecuados que eliminen o amortigüen la energía cinética.

Todo trabajador deberá disponer de ropa adecuada para el trabajo a realizar, que será flexible y sin holguras que puedan provocar atrapamientos con partes móviles. En casos especiales se deberán utilizar además otras protecciones como impermeables (lluvia o formación de nieblas o aerosoles), chalecos reflectantes (proximidad de tráfico rodado), etc.

2.3.2. 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.

Las protecciones colectivas están destinadas a proteger la seguridad de todos los trabajadores y personas en general que se encuentren en la obra o sus proximidades, incluso los que estén expuestos a un riesgo de forma esporádica o casual.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Se deberá prestar especial atención a la colocación y mantenimiento de estas protecciones, independientemente de que se hubiesen adoptado medios de protección individual.

Corresponde al contratista la instalación, reposición y mantenimiento adecuado de los medios de protección colectiva a su costa, así como la vigilancia diaria de su estado y ubicación. Estas funciones se entienden dentro de su labor de vigilancia, pudiendo ser encomendadas al encargado de obra u otra persona, con la formación adecuada que tenga permanencia en obra, no siendo objeto de abono independiente estas operaciones.

- *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, cortocircuitos calibrados para cada una de las tomas, 3 como máximo, y diferencial de alta sensibilidad (30 mA).



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *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 cortacircuitos. 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.

- *Extintores*

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. Serán adecuados en agente extintor y tamaño al tipo de incendio previsible, y se revisarán cada 6 meses como máximo. Serán preferentemente de color rojo, cumpliendo lo dispuesto en la normativa, y deberán estar en un lugar cercano a cada trabajo, conocido por los trabajadores y debidamente señalizado.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *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 90cm de altura y estarán constituidas por tubos metálicos. Dispondrán de patas para mantener su verticalidad y estarán fijadas de manera conveniente para evitar que sean desplazadas por personas no autorizadas. Se utilizarán en todo momento para acotar espacios peligrosos. Las vallas serán de características adecuadas a la función que pretenden, ya sea la contención de peatones, vehículos o, el acotamiento total del perímetro.

- *Redes y viseras de protección*

Las redes y viseras son dos medios de protección de uso obligado cuando existan trabajos en altura, ya que protegen tanto de los daños derivados de caídas al distinto nivel de los trabajadores como de los riesgos derivados de caída de objetos desde altura. Por esta razón,



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

estas protecciones deberán estar sólidamente fijadas a lugares adecuados y ser de material y construcción adecuada, como para soportar la caída de un peso mínimo de 80 Kg. sin deteriorarse, y de forma que frene dicha caída.

- *Protección de huecos horizontales y verticales*

Toda oquedad que pudiera provocar riesgo de caída al mismo o distinto nivel (huecos de alcorques, arquetas, vanos...), deberá estar adecuadamente protegido mediante los medios necesarios tales como barandillas, tabloneros, plataformas, etc. Los medios utilizados para esta protección deberán tener la suficiente resistencia como para garantizar la retención de personas.

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.

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.

- *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.

- *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 pintada ni con peldaños clavados, estos deberán ser ensamblados.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Deberán tener la suficiente resistencia y tener zapatas antideslizantes y ganchos de sujeción. Las escaleras se deberán colocar de manera que su longitud sobrepase en 1 m. el nivel al que se pretende acceder.

2.3.3. Señalización.

Se deberá señalar la obra de acuerdo con la reglamentación vigente, es especialmente importante la señalización de las zonas con riesgos específicos, las señales que impliquen obligación o prohibición de determinados comportamientos, y la señalización de los equipos de emergencia, contra incendios, etc.

La señalización de los riesgos no exime en ningún caso de la adopción de las medidas adecuadas de protección colectiva e individual que sean necesarias. 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.

2.4. Instalaciones de higiene y bienestar.

Se dispondrá de vestuario y servicios higiénicos, debidamente dotados.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

El vestuario dispondrá de taquillas individuales, con llave, asientos y calefacción.

Los servicios higiénicos tendrán un lavabo y una ducha con agua fría y caliente por cada diez trabajadores, y un W.C. por cada 25 trabajadores, disponiendo de espejos y calefacción.

Se dispondrá igualmente, cuando las condiciones de la obra lo requieran, de locales adecuados habilitados para el servicio de comedor y lugar de descanso de los trabajadores.

Para la limpieza y conservación de estos locales se dispondrá de un trabajador con la dedicación necesaria. En cualquier caso, cuando la proximidad de la obra a instalaciones adecuadas lo permita, el empresario podrá facilitar estos servicios mediante acuerdos con centros hosteleros o instalaciones adecuadas de la zona.

2.5. Instalaciones médicas.

Se dispondrá de las instalaciones médicas necesarias, según la legislación vigente, en función de los riesgos previstos, y del número de trabajadores con que realmente cuente la obra. En cualquier caso deberá existir, al menos, un botiquín portátil a pie de obra conteniendo los materiales mínimos que especifica la legislación vigente. El botiquín se revisará mensualmente y se repondrá inmediatamente el material consumido.

Junto al botiquín se dispondrá en lugar claro, visible, y conocido por todos los trabajadores, de un directorio con los teléfonos y direcciones de los servicios de urgencias más cercanos, indicando su distancia al centro de trabajo. Deberán incluirse al menos los teléfonos y direcciones de los servicios de emergencias sanitarias, de las fuerzas de seguridad del estado y de los servicios de extinción de incendios.

2.6. Mantenimiento preventivo.

El contratista está obligado a disponer de todos los equipos de protección individual, protección colectiva, higiene y bienestar o señalización que resulten necesarios en base a la evaluación de los riesgos realizada en su empresa y de las prescripciones del Plan de Seguridad y Salud de la obra. También tendrá idéntica obligación para las instrucciones que le dé el coordinador de seguridad y salud de la obra o la dirección facultativa.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Así mismo está obligado a instalar, desinstalar y mantener en perfecto estado para servir a su función, todos estos elementos, al igual que los equipos de trabajo. Cuando así se requiera, por las características del equipo, este mantenimiento deberá realizarse por una empresa especializada y autorizada.

Es obligación inexcusable el mantenimiento de la obra en condiciones adecuadas de orden y limpieza.

Al tratarse de derechos fundamentales de los trabajadores y de una obligación legal del empresario, éste no podrá incumplir estos preceptos, aunque los mismos no estuviesen valorados en el proyecto. No serán objeto de abono los gastos que ocasione el cumplimiento de las obligaciones de seguridad y salud.

2.7. Servicios de prevención.

La empresa constructora dispondrá de asesoramiento en Seguridad y Salud mediante un Servicio de Prevención constituido según alguna de las modalidades que establece el Reglamento de los Servicios de Prevención. Este Servicio de Prevención deberá estar legalmente acreditado ante la autoridad laboral.

2.8. Técnico de seguridad, vigilante de seguridad, coordinador de seguridad y salud y comité de prevención.

La empresa designará a un Técnico competente, preferentemente con acreditación como Técnico en Prevención, como responsable de seguridad de la obra, independientemente de la existencia de un coordinador de seguridad y salud designado por el promotor; dicho nombramiento podrá recaer sobre el Jefe de obra. Igualmente nombrará un vigilante de Seguridad con la formación adecuada que no podrá ausentarse de la obra, esta responsabilidad podrá recaer sobre el encargado o capataz.

En el caso en que concurran en la obra una empresa principal, y alguna otra empresa o trabajador autónomo, el promotor deberá nombrar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud en las condiciones que marca la legislación vigente, y que se integrará en la Dirección Facultativa.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Los trabajadores contarán con representantes en materia de seguridad y salud (Delegados de Prevención) y se constituirá el Comité de Seguridad y Salud, cuando el número de trabajadores supere el previsto en la legislación vigente o, en su caso, lo que disponga el Convenio Colectivo Provincial.

2.9. 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 la 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.

2.10. 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.

2.11. Obligaciones de las partes implicadas.

2.11.1. Obligaciones del promotor.

Antes del inicio de los trabajos, el promotor designará un Coordinador en materia de Seguridad y Salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos.

(En la introducción del Real Decreto 1627/1.997 y en el apartado 2 del Artículo 2 se establece que el contratista y el subcontratista tendrán la consideración de empresario a los efectos previstos en la normativa sobre prevención de riesgos laborales. Como en las obras de edificación es habitual la existencia de numerosos subcontratistas, será previsible la existencia del Coordinador en la fase de ejecución.)

La designación del Coordinador en materia de Seguridad y Salud no eximirá al promotor de las responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un **aviso** a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del Real Decreto 1627/1.997 debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

2.11.2. Obligaciones de contratistas y subcontratistas.

El contratista y subcontratistas estarán obligados a:

1. Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos laborales y en particular:
 - El mantenimiento de la obra en buen estado de limpieza.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
 - La manipulación de distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.
 - El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
 - La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
 - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - La recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
2. Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
 3. Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997.
 4. Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiera a seguridad y salud.
 5. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente o, en su caso, a los trabajos



autónomos por ellos contratados. Además responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el Plan.

Las responsabilidades del Coordinador, Dirección Facultativa y el Promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

2.11.3. Obligaciones de los trabajadores autónomos.

Los trabajadores autónomos están obligados a:

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
 - El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
 - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - La recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
2. Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997.
3. Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de su actuación coordinada que se hubiera establecido.
4. Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
5. Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/ 1.997.



6. Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1.997.
7. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

2.12. Plan de seguridad y salud.

En aplicación del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio Básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho Plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este Estudio Básico.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero que siempre con la aprobación expresa del Coordinador. Cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. El Plan estará en la obra a disposición de la Dirección Facultativa.

(Se recuerda al Arquitecto que el Plan de Seguridad y Salud, único documento operativo, lo tiene que elaborar el contratista. No será función del Arquitecto, contratado por el promotor,



realizar dicho Plan y más teniendo en cuenta que lo tendrá que aprobar, en su caso, bien como Coordinador en fase de ejecución o bien como Dirección Facultativa.).

2.13. Coordinador en materia de seguridad y salud.

La designación del Coordinador en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona.

El Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el Artículo 10 del Real Decreto 1627/1.997.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesario la designación del Coordinador.



2.14. Libro de incidencias.

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado y que será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del Coordinador. Tendrán acceso al Libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

(Sólo se podrán hacer anotaciones en el Libro de Incidencias relacionadas con el cumplimiento del Plan).

Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador estará obligado a remitir en el plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

2.15. Paralización de los trabajos.

Cuando el Coordinador y durante la ejecución de las obras, observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el Libro de Incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados de la paralización y a los representantes de los trabajadores.



2.16. Derechos de los trabajadores.

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.

Una copia del Plan de Seguridad y Salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

IV.3. RIESGOS LABORALES EN FASE EXPLOTACIÓN.

3.1. Riesgos generales de las estaciones EDAR.

Aunque el principal riesgo que presenta las estaciones de depuración de aguas residuales se refiere a la existencia de un riesgo biológico, existen otros riesgos de carácter general presentes en estas instalaciones. En función de los datos recogidos sobre accidentes laborales que se han producido en estas estaciones y cuyo resultado se muestra a continuación, se va a proceder a un análisis de los riesgos generales que pueden existir en una depuradora de aguas residuales.

3.1.1. Accidentabilidad.

Según el análisis de accidentabilidad que se muestra en este tipo de plantas y que se recoge en la NTP 128 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, el resultado es:

En general, el número de accidentes graves es bajo aunque las consecuencias de los mismos son importantes.

Las caídas de personas suponen el 23% de los accidentes.

Golpes por objetos y cortes con herramientas alcanzan el 22%.

Contacto por sustancias cáusticas y corrosivas es el 8% de los accidentes.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Proyección de fragmentos y partículas metálicas y caída de objetos en operaciones de manutención manual son del 7 % y 6%, respectivamente

De estos resultados se extrae que más de la mitad de los accidentes se producen en el transcurso de las operaciones de mantenimiento.

3.1.2. Principales riesgos generales.

En función de los resultados establecidos en el análisis de accidentabilidad anteriormente mostrado, se consideran que los principales riesgos generales presentes en este tipo de instalaciones son:

- *Riesgos de caídas al mismo y a distinto nivel*

Son los riesgos más frecuentes en este tipo de instalaciones. Las principales causas suelen ser la ausencia de barandillas, la estrechez de los accesos a los tanques y pasarelas, presencia de fango o de agua sobre suelos o equipos que hacen que se vuelvan resbaladizos, la iluminación insuficiente y muy a menudo, la negligencia y mal entrenamiento.

En cuanto a las caídas a distinto nivel, se cuentan entre los accidentes más frecuentes las caídas en los depósitos, siendo particularmente peligrosas en las cubas de aireación donde la inyección de aire realiza una emulsión aire-agua que hace descender la densidad a un nivel que no permite la sustentación en superficie. Otro lugar con importante riesgo de caída a otro nivel y que puede provocar graves consecuencias son los espesadores de fangos no cubiertos ya que los fangos concentrados son un material viscoso que invaden la boca, nariz y orejas así como los ojos en caso de caída dentro de los espesadores de fangos.

Pueden producirse por tanto riesgos de asfixia o ahogamiento originados por la caída del operario.

- *Riesgos de golpes por objetos*

Los riesgos de contusión y cortes por objetos es otro de los más frecuentes en las instalaciones de depuración de aguas residuales. Las causas que suelen provocar estos accidentes son numerosas, aunque se resumen principalmente en:



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Golpes producidos con los órganos móviles de los equipos, principalmente cadenas y correas de transmisión, así como con órganos giratorios de bombas, compresores o reductores.

En la operación de toma de muestras, los cortes pueden ser provocados por la rotura de los objetos de cristal utilizados para dicha operación.

Una actividad que puede conllevar accidentes es el levantamiento y posterior colocación de las tapas de arquetas que suelen ser de hormigón y las asas previstas para este fin son demasiado estrechas.

- *Riesgo de contacto con sustancias tóxicas*

Como consecuencia de los vertidos de aguas residuales industriales a las redes de alcantarillado municipal, las aguas residuales pueden contener compuestos químicos en concentraciones que los hagan tóxicos. Se pueden distinguir dos tipos:

- *Contaminantes orgánicos:* Actúan como inhibidores de los procesos biológicos de depuración y suelen estar ligados a fenómenos de toxicidad, bioacumulación, modificación de los caracteres organolépticos de las aguas, etc. Entre los grupos más característicos de este tipo de contaminantes se pueden señalar los siguientes: Hidrocarburos clorados y aromáticos policíclicos, Fenoles, Pesticidas organoclorados y organofosforados, etc.
- *Contaminantes inorgánicos:* Suelen ser principalmente metales pesados, que son biorrefractarios, es decir, tienden a persistir en el medio ambiente indefinidamente. Los principales elementos potencialmente tóxicos detectados en aguas residuales urbanas son los siguientes: Arsénico, Cadmio, Cobalto, Cromo (VI), Cobre, Mercurio, Plomo, Selenio.

La concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos es más elevada en la materia en suspensión y en los sedimentos por lo que pueden ser separados junto con los fangos. Por tanto, el riesgo higiénico para los operadores puede ser mayor como consecuencia del manejo de dichos fangos.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Aunque el riesgo por manejo de los fangos es posible, debido a la mecanización de los procesos de recogida y manipulación de los mismos puede considerarse prácticamente despreciable.

- *Reactivos químicos:* El principal riesgo de quemaduras y dermatosis proviene fundamentalmente de los reactivos empleados en las operaciones de la EDAR, tales como la cal para ajuste del pH y el cloro utilizado para la desinfección.

Cal: La cal es un compuesto corrosivo que al ser inhalado puede producir lesiones en el sistema respiratorio superior. Igualmente, produce daños en los ojos y en la piel si entra en contacto con estos órganos.

Cloro: En cuanto al cloro, presenta un riesgo añadido ya que en el caso que se produzca una inhalación importante puede provocar un edema pulmonar en el organismo e incluso una hiperactividad bronquial persistente.

- *Gases tóxicos:* Otro tipo de contaminantes químicos que pueden aparecer en las plantas de depuración son los gases que se generan como resultado de condiciones anaerobias, principalmente monóxido de carbono y ácido sulfhídrico. Las zonas más conflictivas son los digestores de los fangos y toda zona mal ventilada, estrecha y profunda en la que pueda producirse la acumulación de estos gases. Aunque el ácido sulfhídrico tiene como característica principal su olor, no siempre este compuesto puede ser detectado a través del olfato puesto que a elevadas concentraciones produce una colmatación del mismo, haciéndolo aún más peligrosos.

- *Riesgo de contacto eléctrico*

Otro tipo de riesgo es el denominado riesgo eléctrico que tiene poca incidencia siempre que se cumplan los reglamentos vigentes (*Reglamento electrotécnico de Baja Tensión* e *Instrucciones Técnicas, RD 614/2001 de 8 junio*, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente riesgo eléctrico). Las actividades con mayor riesgo eléctrico son principalmente, la manipulación de los cuadros eléctricos y las manipulaciones de equipos en tensión.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- *Riesgo de incendio y explosión*

Los riesgos de incendio en instalaciones de depuración de aguas residuales son muy reducidos y se concentran fundamentalmente en los cuadros eléctricos o en las zonas de almacenamiento de los desechos procedentes de las etapas de desbaste y desengrase de las aguas. En las instalaciones de mayor tamaño, existen otras zonas con riesgos de incendio como son las instalaciones de secado térmico de los lodos o en las de almacenamiento de productos inflamables.

En cuanto al riesgo de explosión, se basa en la presencia en un espacio cerrado de biogás procedente de la digestión anaerobia de los lodos a una concentración que supere el punto de explosión y que puede sobrevenir de forma incontrolada en los depósitos formados dentro de las canalizaciones, arqueta o pozos. Así mismo, pueden existir ciertos productos en el alcantarillado, principalmente disolventes orgánicos o gasolina origen de vapores explosivos, que no deberían verterse al mismo.

- *Exposición al ruido y olores*

Las consecuencias nocivas para la salud ante una exposición excesiva a ruido son la pérdida de capacidad auditiva, lesiones de otros órganos y trastornos nerviosos.

En una estación depuradora convencional, las fuentes sonoras están constituidas principalmente por motores, soplantes, bombas, vibraciones mecánicas de las propias máquinas. Por ello, las zonas con mayor nivel de ruido en este tipo de instalaciones son las salas de compresores.

En cuanto a los olores, éstos no deben ser apreciables en una instalación bien diseñada y explotada y en cualquier caso, estos olores perfectamente tolerables, no deben alcanzar el perímetro de la planta.



3.1.3. Medidas preventivas.

3.1.3.1. Caídas al mismo y distintos nivel.

Teniendo en cuenta el *RD 486/1997 de 14 de abril*, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, las medidas de prevención a establecer pueden clasificarse en:

- *Condiciones constructivas*

Los suelos de los locales de trabajo deberán ser fijos, estables y no resbaladizos, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Por ellos, se deberán instalar "suelos antideslizantes" pero fácilmente lavables en las zonas susceptibles de ser mojadas o manchadas por los fangos (ejemplo: el edificio de secado de fangos). Y como medida complementaria, estas zonas en las que existe riesgo de caída deberán estar claramente señalizadas.

Tanto en los depósitos como en las zonas de tratamiento aeróbico y espesadores, en los que hemos indicado existe riesgos de caída a distinto nivel, se utilizará como medida preventiva la colocación de barandillas a lo largo de pasarelas y alrededor de los depósitos ni inferiores a 90 cm para los depósitos y canales profundos. Estas barandillas deberán estar fabricadas con materiales rígidos. Sin embargo, será deseable que estas barandillas puedan ser retiradas para proceder a operaciones excepcionales ó a reparaciones. Esta circunstancia no deberá afectar ni a su solidez ni a su eficacia e inmediatamente después de estos trabajos, deben volver a colocarse.

Para realizar el descenso a tanques, pozos o arquetas, se dotará a las instalaciones de escaleras fijas de aluminio y que dispongan de material antideslizante, evitando el uso de escaleras de mano que podrían aumentar el riesgo de caída.

En las operaciones en la que sea necesario el ascenso/descenso de escalas, éstas deberán disponer como mínimo de las dimensiones fijadas en el *RD 486/1997*, procurando que sean fijas. Además, se instalarán quitamiedos en las escalas en cuanto su altura sobrepase 3 metros. El acceso y salida de las escalas provistas de quitamiedos deberán ser cómodos incluso para personas cargadas de materiales relativamente peligrosos.



- *Orden, limpieza y mantenimiento*

Las vías de paso así como las salidas y vías de circulación, deberán estar siempre libres evitando la existencia de obstáculos.

Se efectuará la limpieza diaria de los accesos a los tanques, evitando la formación de charcos que eviten los resbalones y caídas del personal. En caso de que se produzcan charcos de grasas en cualquier zona de la instalación, se dispondrá de un stock de serrín para los mismos que disminuirá el riesgo de deslizamientos.

- *Otras medidas de protección*

En caso de que se produzca la caída de un trabajador a uno de los tanques de tratamiento y como medida de prevención, se colocarán salvavidas y pértigas en los alrededores de los decantadores, cuba aireación, espesadores y cuba de cloración. Ello disminuirá las consecuencias que se puedan producir en caso de accidente.

De igual modo, se instalarán junto a los equipos electromecánicos botones de parada de emergencia.

- *Protección individual*

Para evitar los riesgos de caídas y principalmente de resbalones, se asignará a cada trabajador un calzado con suela antideslizante.

Por otro lado, cuando sea indispensable realizar trabajos al borde de una cuba llena, se deberá llevar un cinturón de seguridad con cable atado a punto sólido y fácilmente accesible para otro compañero.

3.1.3.2. Asfixia.

El mayor riesgo de asfixia lo tenemos por inhalación de ácido sulfhídrico generado en distintas zonas de la planta. Siendo un riesgo grave, manteniendo las normas de seguridad de la EDAR no tendríamos que encontrarnos con emergencias de este tipo. Como zonas más significativas



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

que presenten este tipo de riesgo están el edificio de pretratamiento, sedimentación lamelar, espesamiento de fangos y galerías de servicio. Ante una emergencia por asfixia actuaremos de la siguiente manera: Antes de acercarnos al accidentado daremos la alarma mediante el transmisor para pedir ayuda e informar de la naturaleza de la emergencia, después comprobaremos los niveles de H₂S, bien mediante los detectores instalados en línea, bien con los equipos portátiles que se portan.

Si los niveles sobrepasan los niveles máximos, nos equiparemos con Equipo Autónomo de Salvamento, con el cual rescataremos al accidentado, lo llevaremos al exterior y una vez allí nos dirigiremos hacia la zona de donde venga el viento, de modo que un posible arrastre de sulfhídrico por este, no nos alcance.

En el momento que el accidentado esté fuera del área de peligro se le someterá a las maniobras de reanimación cardio-pulmonar y se le practicará si es necesario la respiración artificial, inmediatamente después será evacuado a un centro sanitario con servicio de urgencias.

3.1.3.3. Ahogamiento.

El riesgo de ahogamiento lo tenemos en el edificio de pretratamiento (previo al desbaste y en des- engrasado-desarenado), sedimentación lamelar, decantación secundaria y reactor biológico.

En caso de caída a cualquiera de estas áreas, se lanzará al accidentado el salvavidas, cuidando de no perder el cabo que lo sujeta para poder tirar de él.

Hay que prever que en el reactor biológico en la zona tóxica y en el canal de desarenado, la inyección de aire disminuye la densidad relativa del fluido, provocando una mayor dificultad para mantenerse a flote. En estos casos es importantísimo interrumpir el suministro de aire.

Si el accidentado se hundiese y no fuese posible el rescate, se detendrá inmediatamente la maquinaria que pudiese operar en esa zona (agitadores, soplantes, carros de desplazamiento, etc...) y se avisaría a las ayudas externas.



3.1.3.4. Golpes por objetos.

Según las actividades principales en las que son más frecuentes que se produzcan este tipo de accidentes, las medidas preventivas que deberán llevarse a cabo para minimizar los riesgos de contusión y cortes por objetos son:

- *Protecciones en los equipos de trabajo utilizados*

Según el *RD 1215/97 de 18 de julio*, en el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo, todos los equipos utilizados deberán cumplir una serie de requisitos: ir provisto del marcado CE, disponer de la declaración de conformidad y disponer de manual de instrucciones en el idioma del país en que se comercialice. Estos requisitos conllevan que las herramientas y máquinas utilizadas dispongan de los componentes de seguridad (protecciones, resguardos,...) que en caso de fallo, no ponga en peligro la seguridad o salud de las personas expuestas. Por ello, para disminuir los riesgos de cortes con partes móviles o giratorias es indispensable la protección de las mismas mediante defensas que eviten el contacto.

- *Utilización de materiales con menor riesgo de corte*

Anteriormente se ha comentado que uno de las actividades que provocan riesgo de corte y contusión es la de toma de muestras en la que se emplea material de cristal. Por ello, una forma de disminuir el riesgo es la sustitución de este material por instrumental de polietileno con menor probabilidad de rotura.

- *Uso de equipos de protección individual*

El empresario tendrá que suministrar al trabajador guantes de trabajo adecuados a la actividad a realizar, para disminuir las ocasiones de cortes. Así mismo, dispondrán de zapatos protectores con extremos reforzados cuyo uso será obligatorio. En algunos casos, las tapas con trames, al mejorar la ventilación, puede ser otra alternativa para aquellas actividades en que no se requiera una resistencia mecánica elevada.



3.1.3.5. Contacto con sustancias tóxicas.

Como se ha indicado anteriormente, el riesgo de quemaduras y dermatosis proviene fundamentalmente de los reactivos empleados, sobre todo la cal y el cloro.

En cuanto a la cal, la principal medida de prevención es la utilización de equipos de protección individual que eviten cualquier contacto con dicho reactivo, es decir, utilizar mascarilla y gafas, así como guantes y vestidos cerrados por los puños y el cuello. En caso de producirse un accidente, cualquier quemadura que se produzca deberá lavarse abundantemente y si es un poco importante, se deberá someter obligadamente a un examen médico. En caso de alcanzar los ojos, estos serán igualmente lavados en espera de un transporte lo más rápido posible al médico.

En referencia a los polielectrolitos empleados en el secado de fangos, las precauciones deben ser las mismas que en el caso anterior, evitando en todo momento el contacto con los mismos. Por ello, cualquier derrame de producto o salpicadura que pueda producirse en la piel o incluso en los ojos, será lavado abundantemente con agua y ante cualquier síntoma extraño debe consultarse con el médico.

Para evitar una intoxicación por los gases tóxicos generados en el proceso, fundamentalmente monóxido de carbono y ácido sulfhídrico, se deben considerar como medidas preventivas que el personal que penetre en una zona sospechosa deberá ir equipado con un detector de gases, del correspondiente cinturón de seguridad con cuerda, atado a lugar seguro, y al alcance de un compañero que quede fuera de la zona de peligro. Así mismo, todo olor anormal, sensación extraña, dolor de cabeza, dificultad al respirar, etc., provocará de inmediato el abandono de la zona peligrosa, advirtiendo a sus superiores de la incidencia, a fin de tomar las medidas de seguridad pertinentes, como reforzar la ventilación de la zona, utilizar las máscaras ó equipos autónomos de respiración, etc.

3.1.3.6. Contacto eléctrico.

Como ya se ha indicado anteriormente, las actividades con mayor riesgo eléctrico son principalmente, la manipulación de los cuadros eléctricos y las manipulaciones de equipos en



tensión. En cumplimiento del *RD 614/2001*, las principales medidas de prevención a adoptar para reducir el riesgo de accidente son:

- Los trabajadores que realicen los trabajos de manipulación de equipos o zonas en tensión deberán desarrollarse por trabajadores cualificados y si el trabajo debe realizarse en lugares con acceso complicado, las tareas no se realizarán sólo por un operario debiendo estar presente siempre un compañero con formación básica en primeros auxilios para auxiliarlo en caso de accidente. Esta medida se extremará en caso de manipular con equipos de alta tensión.
- Tanto los equipos como los materiales empleados para la realización de estas tareas deberán asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico y se seguirán unas pautas de trabajo que deberán tener el mismo fin.
- Cuando el desarrollo de las actividades se realicen en exterior, se deberán considerar las condiciones ambientales adversas prohibiendo el desarrollo de las mismas en caso de tormentas, lluvias o vientos fuertes.
- Por último, todas las zonas con riesgo de contacto eléctrico deberán estar perfectamente señalizadas para evitar la posibilidad de que otros trabajadores accedan a estos lugares y entren en contacto con los elementos en tensión.

3.1.3.7. Incendio y explosión.

Considerando la legislación existente *Norma Básica de edificación CPI 96* sobre las exigencias constructivas de protección contra incendios así como el *RD 1486/97* sobre lugares de trabajo, las condiciones constructivas de las instalaciones en cuanto a materiales de construcción y al establecimiento de las vías de evacuación, deberán acondicionarse a los valores establecidos en dicha normativa.

Otras medidas a considerar serán la instalación obligatoriamente de extintores adecuados al tipo de fuego previsible, junto a cada punto potencialmente peligroso, cuidando en todo momento de su puesta a punto, siendo aconsejable que las revisiones sean realizadas por una firma especializada así como señalización de los mismos en cumplimiento del *RD 485/97* de 14 de abril sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de SS en el trabajo.



En cuanto al riesgo de explosión, la prevención del peligro a esos niveles pasa por una concepción satisfactoria y una buena explotación, a fin de evitar la formación de zonas de depósitos y de asegurar una ventilación natural eficaz. Así, para controlar la presencia ocasional de gases explosivos, es indispensable mantener la concentración de gas dentro de un espacio cerrado por debajo del punto de explosión mediante métodos de ventilación natural o forzada, control de la atmósfera dentro del recinto mediante explosímetros. Las zonas donde están instalados los gasómetros, calderas o motogeneradores, constituyen una zona de especial peligrosidad que deben señalizarse adecuadamente además de dotarse con válvulas de protección como son las anti-vacío, apaga-llamas y de sobrepresión. Por último, la instalación eléctrica en esa zona tendrá que ser antideflagrante.

3.1.3.8. Exposición al ruido y olores.

Las zonas en las que el nivel de ruido al que pueden estar expuestos los trabajadores es mayor son las salas de compresores. Según se establece en el *RD 1316/89* dedicado a la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo, se deberán tomar las siguientes medidas preventivas:

- *Control del ruido en la fuente*

Se intentará la concentración de todas las fuentes productoras de ruido en un mismo lugar con el fin de evitar la contaminación acústica al resto de las zonas menos ruidosas. Sí se establecerá una sala específica en la que estén todos los compresores y bombas.

Se procurará que las máquinas que se adquieran posean el menor nivel de ruido posible y que se establezca un mantenimiento periódico de las mismas con el fin de evitar un incremento progresivo del ruido. Para ello, se lubricarán periódicamente las partes móviles de las mismas, se sustituirán lo antes posible las piezas defectuosas y se evitarán las vibraciones instalando materiales absorbentes en el suelo que absorban dichas vibraciones.

- *Control del ruido en el medio de transmisión*

Con el fin de evitar que el ruido generado llegue hasta el trabajador, se pueden establecer diferentes alternativas. Ya que se ha comentado que la principal fuente de ruido en la



depuradora procede de los compresores y que estarán instalados en una sala específica, esta zona deberá estar perfectamente aislada de la zona exterior mediante la utilización de materiales aislantes en las paredes y en el suelo de la misma (espumas, gomas) que disminuyan la transmisión del ruido. Otra alternativa es la utilización de cerramientos totales o parciales de los compresores totales, aunque esta opción aumenta el coste económico.

- *Control del ruido en el receptor*

El número de trabajadores que van a estar expuestos al ruido, una vez se hayan tomado las anteriores medidas preventivas, se va a reducir al personal de mantenimiento y sólo cuando tengan que realizar tareas dentro de la sala de compresores. Por ello, el siguiente paso será el establecimiento de las medidas de protección auditivas y las revisiones periódicas. Según el nivel de ruido al que se encuentre expuesto el trabajador, las medidas a llevar a cabo serán diferentes por lo que el primer paso será la realización de una medición de ruido en el lugar de trabajo.

Los protectores auditivos que pueden utilizarse son tapones, orejeras, tapones con bandas, aunque las condiciones indispensables son que deben ajustarse al *RD 773/1997* sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, proporcionar la atenuación necesaria y adaptarse a las condiciones y características personales de cada trabajador.

En cuanto a los olores, para evitar que los olores atraviesen el perímetro de la instalación, es importante crear una jardinería adecuada a base de césped y árboles que formen una pantalla de protección.

3.2. Análisis del riesgo biológico en la EDAR.

3.2.1. Componente biológico en las aguas residuales.

El componente biológico es básico en las aguas residuales urbanas debido a su elevada capacidad metabólica y, en consecuencia, a su potencialidad para llevar a cabo la transformación de los restos químicos, orgánicos y físicos. Por ello, el componente orgánico de las aguas residuales es un medio de cultivo que permite el desarrollo de los microorganismos



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

que cierran los ciclos biogeoquímicos de elementos como el azufre, el carbono, el nitrógeno o el fósforo, entrando frecuentemente en competencia y eliminando los elementos microbianos patógenos que se pueden encontrar en el medio. Este componente biológico se manifiesta fundamentalmente en 5 áreas diferentes:

- Descomposición de los compuestos orgánicos contenidos en las aguas residuales.
- Eliminación de determinados compuestos orgánicos que sean tóxicos para los vegetales y microorganismos del suelo.
- Desaparición de microorganismos patógenos.
- Participación en los ciclos biogeoquímicos del N, del P, y del S, elementos fundamentales cuando se presentan como nitratos, fosfatos o sulfatos en el movimiento y asimilación por el suelo y los vegetales.
- Reacciones de la materia orgánica transformada y del componente microorgánico frente a los constituyentes minerales del suelo, participando en la promoción de microagregados organominerales, variando la solubilidad de determinados iones y la solubilidad a lo largo de los diferentes horizontes del perfil, etc.

3.2.1.1. Principales contaminantes biológicos.

Las aguas residuales constituyen no solamente un vehículo para numerosos microorganismos sino también un medio de proliferación para algunos de ellos. Por esta razón, tiene como característica la elevada concentración de microorganismos, algunos de ellos inoocuos y otros de gran utilidad para la depuración de las aguas. Pero, el riesgo biológico de las estaciones depuradoras de aguas residuales está ligado a los agentes patógenos susceptibles de ser transportados por las mismas, cuya naturaleza depende de las condiciones climáticas, del nivel de higiene, de las características personales de cada persona,... Estos microorganismos patógenos pueden constituir un riesgo para la salud de los trabajadores de estas instalaciones ocasionándoles enfermedades de tipo infeccioso y/o parasitario. La exposición del personal puede realizarse por varias vías ya que la acción patógena de estos agentes puede transmitirse por el agua, aire (actúa como medio de transmisión) y los fangos.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Como se ha indicado anteriormente, los microorganismos patógenos constituyen el principal riesgo higiénico de las actividades de depuración de aguas residuales. En los últimos años, la mejora de las condiciones de saneamiento y de los tratamientos contra infecciones han llevado a una reducción del número de microorganismos patógenos presentes en las aguas residuales, pero éstas aún contienen concentraciones de dichos microorganismos que son expulsados vía excreta por personas y animales infectados. Los principales microorganismos patógenos, que pueden encontrarse en las aguas residuales urbanas son virus, bacterias y parásitos intestinales (protozoos y helmintos).

- *Virus*

Los virus son unos agentes no celulares parásitos e infecciosos que necesitan un elemento vivo para poder desarrollar su ciclo vital, es decir, únicamente pueden multiplicarse en el interior de una célula viva (huésped) y por tanto, no pueden reproducirse en las aguas residuales.

La mayor fuente de virus presentes en estas aguas residuales provienen de las excretas intestinales infectadas tanto de las personas como de los animales domésticos. Se han detectado unos 100 serotipos diferentes en las excretas humanas y su actuación depende del tipo de virus. Una de las características principales es la elevada resistencia a las condiciones ambientales, pudiendo sobrevivir en aguas residuales y el suelo durante varios meses. Además, muchos son resistentes a casi cualquier tipo de tratamiento por lo que su destrucción por procesos de desinfección no se realiza fácilmente. El mayor problema lo plantean por su capacidad de detección con pequeñísima presencia de inóculo.

En contraste con otros microorganismos, la ingestión de sólo una partícula vírica puede ser suficiente para producir la infección en el hombre. A pesar de todo, si no se ingieren aguas residuales urbanas, si se tratan y si su uso se restringe a aplicaciones adecuadas, el peligro desde el punto de vista sanitario se reduce al mínimo.

- *Bacterias*

A diferencia de los virus, las bacterias no requieren una célula viva para reproducirse, debido a lo cual están presentes en altas concentraciones en los sistemas de saneamiento y depuración.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Diferentes tipos de bacterias están presentes habitualmente en el intestino de personas sanas y, por tanto, son excretadas por las heces (por ejemplo, *Escherichia coli*). Sin embargo, el intestino puede también albergar bacterias patógenas (bacterias entéricas) que al ser excretadas pueden causar diferentes enfermedades. A la vez, una persona infectada puede ser portador asintomático y excretar estas bacterias durante largos períodos de tiempo. El tiempo de supervivencia de las bacterias en las aguas residuales es menor que para los virus, dependiendo en gran medida de las condiciones ambientales.

- *Parásitos intestinales*

En general, los parásitos viven en otro organismo de diferente especie denominado huésped a través del cual se alimentan y viven. Sin embargo, en muchos casos provocan en el huésped síntomas similares a las enfermedades producidas por bacterias y virus.

En las personas, los parásitos intestinales se transmiten oralmente.

En cuanto a los protozoos, las aguas residuales pueden contener gran variedad de protozoos patógenos capaces de originar diferentes infecciones del tracto intestinal humano.

En cuanto a los helmintos, el agua residual urbana es portadora de diferentes helmintos parásitos, que pueden originar enfermedades muy variadas en los seres humanos. El estadio infeccioso de algunos helmintos es el organismo adulto o la larva, mientras que en otros casos los huevos o los quistes son las formas infecciosas. Tanto los huevos como las larvas son resistentes a las condiciones medioambientales y pueden sobrevivir durante el proceso de desinfección del agua residual.

- *Otros agentes patógenos*

Los animales contribuyen a la difusión de enfermedades infecciosas, favoreciendo o condicionando la supervivencia de organismos patógenos y su transporte hasta otro hospedador humano susceptible. En las depuradoras de aguas residuales urbanas, se presentan riesgos higiénicos para los operadores debido a los siguientes animales que actúan como portadores y transmisores de enfermedades infecciosas y parasitarias.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Muchas especies de mosquitos pasan la fase larvaria en agua, algunas en aguas sucias y quietas y otras prefieren las corrientes rápidas y limpias, por lo que puede existir un riesgo higiénico potencial para los operadores de depuradoras.

Las moscas actúan como vehículo animado pasivo y son capaces de transportar en varias partes externas de su cuerpo numerosos agentes patógenos, pero además específicamente contribuyen a propagar otras enfermedades.

En cuanto a los roedores, son igualmente portadores y transmisores de enfermedades infecciosas. Así, la mordedura de ratas puede conllevar el riesgo de transmisión de estreptobacilosis y/o de la leptospirosis (enfermedad de Weil).

3.2.2. Factores del riesgo infeccioso de un patógeno.

En el siguiente capítulo, se establecerá el catálogo de los posibles agentes patógenos que pueden estar presentes en un agua residual industrial, pero antes hay que analizar el riesgo de contaminación de dichos microorganismo. Por ello, es conveniente señalar que la sola presencia de uno o más de estos agentes patógenos no significa que forzosamente para la persona que entre en contacto con este medio exista un riesgo de infección. Así, el poder infeccioso de estos microorganismos viene influenciado por una serie de factores como pueden ser sus propias características, las del ambiente en el que se encuentran o las del propio individuo. Estos factores pueden ser:

- La cantidad excretada por un individuo infectado (sano o enfermo)
- El periodo de latencia (duración necesaria para que un agente patógeno se vuelva infeccioso): Los virus y bacterias provocan inmediatamente una infección en el organismo mientras que otros como tenias deben albergar en un huésped intermedio.
- La supervivencia en el medio ambiente, fuera del huésped definitivo: Las bacterias tienen la facultad de sobrevivir y de multiplicarse fuera de los organismos mientras que los virus no pueden sobrevivir demasiado tiempo fuera de ellos.
- La facultad de multiplicarse en el medio ambiente



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- La dosis mínima infecciosa (la mínima cantidad de gérmenes necesarios para provocar una infección): los protozoos tienen una dosis mínima menor de 100 individuos mientras que para las bacterias, la dosis asciende a 10000.
- La respuesta del huésped (individuo): Si entra en contacto con una dosis suficiente de organismos patógenos lo suficientemente alta como para provocar una infección, el individuo desarrollará la enfermedad.

3.2.3. Clasificación de patógenos según riesgo infección.

En el *Real Decreto 664/1997*, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo se incluye una lista indicativa de dichas actividades, entre las que se incluyen los trabajos en instalaciones depuradoras de aguas residuales. Según lo dispuesto en dicho Real Decreto, los agentes biológicos se clasifican en función del riesgo de infección en 4 grupos:

- **Agente biológico del grupo 1:** aquel que resulta poco probable que cause una enfermedad en el hombre.
- **Agente biológico del grupo 2:** aquellos patógenos que pueden causar una enfermedad en el hombre y puede suponer un peligro para los trabajadores, siendo poco probable que se propaguen a la colectividad y existiendo, generalmente, profilaxis o tratamiento eficaz. Pertenecen a este grupo las bacterias causantes de la legionelosis o el tétanos, y los virus de la gripe o del herpes, entre otros.
- **Agente biológico del grupo 3:** aquellos patógenos que pueden causar una enfermedad grave en el Hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores, con riesgo de que se propague a la colectividad y existiendo, generalmente, profilaxis o tratamiento eficaz. Las bacterias causantes de la tuberculosis o el ántrax y los virus de la hepatitis o el SIDA pertenecen, entre otros, a este grupo.
- **Agente biológico del grupo 4:** aquellos patógenos que causando una enfermedad grave en el hombre supone un serio peligro para los trabajadores, con muchas probabilidades de que se propague a la colectividad y sin que exista generalmente una



profilaxis o un tratamiento eficaz. Ejemplos de este grupo son los virus de Ébola y de Marburg.

3.2.4. Principales vías de entrada de los contaminantes.

Las principales vías de infección para los operarios de plantas de depuración de aguas residuales son, por este orden, la vía digestiva, la vía respiratoria y la vía dérmica. El personal, a menudo, está en contacto directo con las aguas residuales y fangos debido a sus actividades diarias. Así mismo, aunque se evite el contacto directo con aguas y lodos, los trabajadores deben manejar objetos que pueden estar contaminados. Si existen heridas, la infección por virus y bacterias se facilita enormemente a menos que se sigan unas medidas preventivas adecuadas.

- Vía digestiva

La ingestión es la principal vía de infección para los operadores de depuradoras de aguas residuales. Este tipo de contaminación viene dada esencialmente por la manipulación directa (tocarse la boca con la mano) o indirecta (cuando los trabajadores comen o fuman en las inmediaciones de los equipos de depuración o lo hacen en lugares reservados pero no se lavan previamente las manos), aunque también puede darse de manera accidental por caída dentro del agua o proyección.

Los principales agentes patógenos que penetran por esta vía son los enterovirus, enterobacterias, protozoos y helmintos. Las patologías más frecuentes que provocan la ingestión de agentes patógenos son digestivas de tipo banal (diarrea, náuseas y vómitos), presencia de parásitos intestinales así como otros síntomas como fiebre, inflamación de ojos y fatiga.

- Vía respiratoria

Para acelerar la degradación aeróbica de la materia orgánica, la aireación de las aguas residuales tiene como consecuencia la generación de aerosoles. Una vía de infección importante es la exposición continuada a los aerosoles generados en determinadas operaciones de depuración, como aquellos generados en las etapas de aireación de lodos y/o



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

los procedentes de la dispersión aérea de los lodos secos (transportando microorganismos como *Aspergillus fumigatus*). Estos aerosoles pueden ser inhalados e ingeridos. Entre los agentes patógenos citados, los que pueden penetrar en el organismo por vía respiratoria son: *Klebsiella pneumoniae*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Influenzae virus*, *Myxovirus*, *Aspergillus fumigatus*, *Legionella*,...

Sin embargo, para que dichos microorganismos patógenos penetren en el organismo y conlleven una contaminación respiratoria en el organismo expuesto, deben cumplir una serie de requisitos:

- Viabilidad de los gérmenes en los aerosoles (las formas más frágiles son las no encapsuladas o las no esporuladas).
- Las características propias de cada agente patógeno
- Diámetro de las microgotas de aerosol: si su tamaño es inferior a 3 μm , no alcanzan los alvéolos pulmonares mientras que si es mayor a 3 micras, serán captadas por el epitelio ciliado y dirigidas a la región aerodigestiva por lo que su contaminación puede ser digestiva.
- Condiciones meteorológicas: Este parámetro condiciona la difusión del aerosol (temperatura ambiente, humedad, velocidad y dirección del viento,...)
- Tamaño comprendido entre 1 y 30 μm .

Un estudio realizado en una estación de depuración de aguas residuales en Francia mostró que la aerobiocontaminación es bastante elevada en la fuente de emisión pero disminuye muy rápidamente con la distancia.

Por otro lado, la dispersión de las partículas de lodos secos contiene una flora variada y abundante aunque el principal agente patógeno presente es el *Aspergillus fumigatus*. Este microorganismo cuya concentración más elevada se encuentra en la zona de secado de fangos, es capaz de proliferar sobre una gran variedad de sustratos y debido a su pequeño tamaño (2,5-3 μm), sus esporas pueden ser inhaladas e incluso llegar a los alvéolos pulmonares. Las afecciones que puede producir en un organismo humano sano pueden llegar desde el asma aspergilar, hasta la alveolitis aspergilar (alveolitis alérgica extrínseca, relacionada con



enfermedad del pulmón de granjero). En cambio, puede ser altamente patógeno en individuos inmunodeprimidos (aspergilosis pulmonar invasiva, septicemia o la formación de aspergiloma (injerto aspergilar en una cavidad pulmonar preexistente, secuela de tuberculosis o cavidad neoplásica).

- *Via dérmica*

La penetración de agentes patógenos a través de la piel y/o mucosas se ve favorecida si el estado de integridad de ésta es deficiente, existiendo cortes o heridas, excoriaciones,... o cuando la piel está húmeda. Por tanto, existen tres métodos alternativos de entrada al organismo de microorganismos por esta vía:

- Contacto directo con el foco de contaminación: a través de heridas,...
- Vía transcutánea: posibilidad de atravesar la dermis sólo para algunos agentes (anquilostoma)
- A través de las mucosas conjuntivas: por salpicaduras en los ojos, aunque es poco probable.

También se han descrito dermatitis de irritación de la piel por el contacto con las aguas residuales y con los fangos, así como eczemas alérgicos debidos a los productos químicos.

3.2.5. Identificación y evaluación del riesgo biológico.

En el Anexo I de *Real Decreto 664/97* sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, se incluye una lista de actividades en la que el trabajo en instalaciones depuradoras de aguas residuales figura como una de las actividades en las cuales no se trabaja deliberadamente con agentes biológicos, pero sí puede existir exposición.

Así mismo, en el art 2 del *RD 39/97* de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, identificados uno o más riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, se procederá para aquellos que no hayan podido evitarse, a evaluar los mismos determinando la naturaleza, el grado y duración de la exposición de los trabajadores.



Así, este proceso de identificación y evaluación del riesgo se realiza formalmente a través de tres etapas:

- *Identificación de los contaminantes*

Se trata de conocer los microorganismos presentes en el puesto de trabajo y que pueden ocasionar una contaminación del personal. Dicha identificación es dificultosa y puede realizarse mediante recopilación de información o a través del puesto de trabajo, realizando una evaluación práctica.

- *Medición del contaminante*

Esta etapa se desarrolla una vez que en la primera se ha constatado el posible origen y naturaleza, no efectuándose si es poco probable o la fluctuación es muy alta. De ejecutarse, comprende a su vez tres fases: toma de muestras o captación de la muestra, el cultivo de la muestra y por último, el análisis de la misma.

- *Valoración del riesgo*

Una vez medidos los niveles de exposición, la valoración clásica compara los mismos con criterios de referencia a través de los máximos tolerables.

3.2.6. Medidas de prevención.

Para la selección de las medidas de prevención y protección se deberán considerar los diversos elementos que constituyen cualquier procedimiento de control, es decir, foco de emisión del contaminante, medio de propagación y receptor del mismo, considerándolo en este orden de jerarquía. Dicha información se recoge esencialmente en el art 6 del *RD 664/97*.



3.2.6.1. Medidas de prevención sobre el foco de emisión.

El objetivo de estas medidas es la de actuar en el lugar en el que se produce el contaminante, considerando como fuente emisora no sólo al agente biológico sino también el proceso que pueda liberarlo.

Por tanto, un método de reducir el riesgo es proceder al desarrollo de técnicas de operación en las que no se generen aerosoles e intentar suprimir la manipulación de productos de riesgo, como los residuos del desbaste. En este caso, la instalación de cabinas de seguridad biológica en el proceso es una operación complicada y costosa puesto que son superficies de trabajo de tamaño considerable, varios metros de diámetro.

3.2.6.2. Medidas de prevención sobre el medio de propagación.

Cuando las medidas de actuación sobre el foco del agente biológico no son viables o insuficientes, se actuará sobre el medio de transmisión con el objetivo de reducir la dispersión del contaminante en el ambiente de trabajo.

Una de estas medidas puede ser la limpieza de instalaciones y equipos, especialmente de superficies e instrumentos de trabajo, conllevando una reducción de los niveles de contaminación. El establecimiento de un programa de limpieza, pudiendo incluir la desinfección de algún instrumento si fuera necesario, con el fin de evitar la acumulación de materia orgánica y suciedad en las herramientas de trabajo que aumentaría la proliferación de dichos organismos patógenos y, por tanto, del riesgo de contaminación.

Otra de las medidas a implantar es la elaboración de un programa de desratización (eliminación de roedores) y desinsectación (eliminación de insectos) con el fin de evitar que actúen como portadores de agentes patógenos y posterior difusión en el medio tanto para trabajadores como para la población en general.

3.2.6.3. Medidas de prevención sobre el receptor.

Las actuaciones sobre el receptor deben instalarse cuando las actuaciones sobre el foco y el medio son inviables o insuficientes, es decir, se plantearán una vez hayan sido agotadas todas



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

las anteriores medidas técnicas. Las principales medidas sobre el receptor se basan en dos campos principales: medidas de higiene personal y equipos de protección individual, en este orden.

- *Medidas de higiene personal*

Entre las medidas preventivas de higiene cotidiana cabe citar:

- El uso de ropa de trabajo durante todo el tiempo de presencia en la EDAR, prendas que no deben ser usadas fuera de la misma.
- Se deberá dotar a cada operario de doble taquilla, una para la ropa de trabajo y otra para la ropa de calle, a fin de evitar el contacto entre ambos tipos de prendas.
- Se deberá dotar de lavadora a la EDAR para que el personal lave su ropa de trabajo en la planta y no tenga contacto con la ropa particular suya o de su familia.
- Se deberá disponer de un local convenientemente dotado, para que sólo en este lugar se tomen alimentos y bebidas, por supuesto sin alcohol, pues éstas deben estar totalmente prohibidas.
- Se deberá prohibir el fumar fuera de los recintos previamente autorizados a tal fin.
- Se establecerá la obligación del aseo de manos y cara antes de la ingestión de alimentos, mediante el lavado en primer lugar con jabón desinfectante y posteriormente con alcohol.
- Se deberá educar al personal para que mantengan una higiene corporal estricta, dotando de vestuarios y servicios con duchas de agua caliente para uso del personal.
- Así mismo, los trabajadores dispondrán, dentro de la jornada laboral, de diez minutos para su aseo personal antes de la comida y otros diez minutos antes de abandonar el puesto de trabajo.
- Se deberá proceder de forma inmediata a la desinfección de cualquier herida o contusión por pequeña o leve que se considere.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

- Se deberá dotar de un botiquín con una composición mínima de algodón hidrófilo, gasas, compresas estériles, alcohol de 90º, desinfectantes para zonas próximas a las heridas (mercromina) vaselina o glicerina, esparadrapo, tiritas, etc. Estos productos deberán ser periódicamente controlados y renovados debiéndose concretar esta responsabilidad en uno de los operarios.

- *Equipos de protección individual*

Es obligación del empresario de facilitar los equipos de protección individual necesarios para que los trabajadores realicen su tarea adecuadamente y velar por el uso efectivo de los mismos. En el caso de los riesgos biológicos producidos en una estación de aguas residuales, los EPI más habitualmente utilizados son:

- Calzado con suela antideslizante, para evitar el riesgo de caídas.
- Guantes de protección que eviten cualquier contacto con los efluentes, los lodos y/o todo material que pueda estar contaminado por el agua residual (reparación de bombas, evacuación de los desechos del desbaste...). Para ello, dichos guantes deben tener como características principales la impermeabilidad, flexibilidad máxima y gran sensibilidad. El material más utilizado es el látex aunque en caso de alergia se pueden sustituir por PVC, neopreno,...
- Mascarillas para protección respiratoria contra los aerosoles. En caso de trabajos en lugares confinados, se deberán obligatoriamente utilizar equipos de respiración autónomos. En este caso, los filtros recomendados, por su eficacia filtrante, son los P3 (alta eficacia frente a partículas sólidas y aerosoles líquidos) conectados a un adaptador facial, aunque no esté contemplada en las normas EN-143 y En-149.
- Cuando exista riesgos de salpicadura o proyección de aerosoles infectados sobre la mucosa ocular (proyección de agua contaminada), se utilizarán elementos de protección para los ojos y el rostro. Se puede elegir entre gafas (preferible sean integrales), pantallas o viseras faciales y/o un capuz.
- Además, se establecerá la obligación del uso de guantes de trabajo, tanto de goma como de cuero, la utilización de gafas protectoras, botas reforzadas y el uso de



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

máscaras adecuadas y cinturones de seguridad para la realización de determinadas tareas.

- Se deberá dotar de un armario donde se guarden todos los equipos de protección y seguridad personal de uso común como exposímetro, detectores de gases, equipos de respiración autónoma máscaras, etc. Se deberá concretar la obligación de su control, reposición y puesta a punto en uno de los operarios.

3.2.7. Vigilancia de la salud de los trabajadores.

En el artículo 8 del *RD 664/97* se indica que el empresario garantizará una vigilancia adecuada y específica de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos pro exposición agentes biológicos, realizada por personal sanitario competente, según determinen las autoridades sanitarias en las pautas y protocolos que le elaboren. Dicha vigilancia se deberá ofrecer a los trabajadores antes de la exposición, a intervalos regulares según el contaminante y tipo de exposición y cuando sea necesario por haberse detectado en algún trabajador alguna infección que pueda estar producida por agentes biológicos.

El médico de trabajo debe estar implicado en la elaboración y puesto en práctica de las medidas de prevención anteriormente detalladas.

- *Reconocimientos médicos*

En el reconocimiento médico, le medico encargado deberá detectar toda patología o anomalía susceptible de favorecer la aparición de una infección, incluso aunque fuera necesario realizar exámenes complementarios (radiografías, análisis de sangre específicos,...).

- *Vacunación*

Así mismo, en el punto 3 del mismo artículo, se refiere al ofrecimiento de vacunas, cuando las haya o sean eficaces, por parte del empresario y teniendo en cuenta las recomendaciones prácticas contenidas en el Anexo VI del *RD 664/97*. Sin embargo, la vacunación no debe en ningún caso sustituir o restringir la aplicación de medidas no específicas.



CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Cuatro vacunas, aunque no son obligatorias aparecen como necesarias: Tétanos, poliomelitis, tuberculosis y tifus. La vacuna contra la leptospirosis, es también recomendable por su eficacia.

- *Tétanos*: El tétanos tiene una incidencia muy baja en España aunque su tasa de letalidad aconseja la vacunación, sobre todo en estos trabajadores donde se pueden producir heridas y soluciones de continuidad en la piel y contacto con material contaminado.
- *Poliomelitis*: Por un lado, 1% de los casos de polio, se produce una lesión del sistema nervioso apareciendo parálisis e incluso, llevando a la muerte. Por otro lado, su presencia en las aguas residuales no es del todo infrecuente ya que el único reservorio del virus (hombre) lo elimina por la heces y la supervivencia del virus en medios hídricos es elevada. De ahí, la recomendación de la vacunación.
- *Tuberculosis*: No está justificada ni médica ni epidemiológicamente.
- *Tifus*: La eficacia de la vacuna contra la fiebre tifoidea no es muy elevada existiendo tratamiento antibiótico eficaz. Por tanto, la decisión de la vacunación de los trabajadores dependerá de las patologías observadas en años anteriores.
- *Leptospirosis*: Aunque tiende a disminuir la probabilidad de que los trabajadores de las EDAR contraigan esta enfermedad, la idoneidad de la vacunación deberá estudiarse en función de la evaluación del riesgo de contacto con las orinas de las ratas. Aunque la eficacia de esta vacuna está en estudio, en ciertos países se han obtenidos buenos resultados.

Por otro lado, la documentación relativa a los trabajadores expuestos así como los historiales médicos deberán conservarse durante un plazo mínimo de 10 años después de finalizada la exposición, ampliándose incluso a 40 años para determinados casos.



3.2.8. Formación e información a los trabajadores.

En el art. 12 del *RD 664/97*, se indica que los trabajadores deberán recibir formación e información suficiente y precisa en relación con:

Los riesgos potenciales para la salud.

Las prevenciones a tomar para prevenir la exposición.

Las disposiciones en materia de higiene.

La utilización y empleo de ropa y equipos de protección individual.

Las medidas que deberán tomar los trabajadores en el caso de incidentes y para la prevención de éstos.

A la hora de llevar a cabo e implantar esta etapa, se debe considerar que la sensibilización de los trabajadores acerca de establecer las medidas de higiene y protección se realizará fuera de los reconocimientos médicos y será descrita sobre el terreno por los encargados de llevar a cabo la prevención. Esta acción se complementará con una misión de información del personal en cuanto a los posibles riesgos y los síntomas susceptibles de producirse ante la exposición profesional.

En cuanto a la “educación del personal”, los servicios técnicos deberán establecer consignas de seguridad, verificar que son conocidas por el personal y comprobar que los dispositivos de seguridad están colocados en lugares asequibles y en disposición de uso.

Lo mismo que las instalaciones o equipos de seguridad son en general bien apreciados por el personal, de la misma forma, la protección individual es, demasiado a menudo, considerada como molesta.

Por esto, la acción educativa deberá impartirse cuando el trabajador se incorpore a un trabajo que suponga un contacto con agentes biológicas, pero también deberá ser repetitiva e ir acompañada de un control permanente no sólo de los resultados obtenidos, sino de la eficacia de las instalaciones y medidas de seguridad adoptadas.

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE

IMPACTO AMBIENTAL



INDICE

CAPÍTULO V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

	PÁGINA
V.1. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	266
V.2. FASES DEL ESTUDIO.....	267
V.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	268
V.4. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....	269
4.1. Metodología.....	269
4.2. Principales acciones generadoras de impactos.....	269
4.3. Descripción del entorno.....	270
4.3.1. Medio abiótico.	
4.3.2. Medio biótico.	
4.3.3. Medio socioeconómico e institucional.	
4.4. Descripción y valoración de los impactos.....	273
4.4.1. Valoración de los efectos.	
4.4.2. Alteraciones sobre el medio abiótico.	
4.4.3. Alteraciones sobre el medio biótico.	
4.4.4. Alteraciones sobre el medio socioeconómico.	
4.5. Jerarquización de los efectos en el entorno.....	284
V.5. MEDIDAS PROTECTORAS, COMPENSATORIAS Y CORRECTORAS.....	285
5.1. Medidas protectoras.....	286
5.1.1. Fase de construcción.	
5.1.2. Fase de explotación.	



CAPÍTULO V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

5.2. Medidas compensatorias.....	291
5.3. Medidas correctoras.....	291
5.3.1. Mantenimiento de la calidad del aire.	
5.3.2. Gestión de tierras vegetales.	
5.3.3. Protección del sistema hidrológico.	
5.3.4. Incidencia sobre la fauna.	
5.3.5. Previsión de niveles sonoros y medidas de corrección.	
5.3.6. Proyecto de recuperación ambiental y paisajística.	
V.6. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	296
6.1. Fase I: Ejecución de las obras.....	297
6.1.1. Seguimiento de medidas protectoras.	
6.1.2. Seguimiento de medidas correctoras.	
6.1.3. Informes.	
6.2. Fase II: Explotación de las obras.....	302
6.2.1. Eficacia de las medidas correctoras.	
6.2.2. Informes.	



CAPÍTULO V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

V. 1. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

El ciclo de reutilización del agua plantea una cuestión fundamental: el uso del agua produce un deterioro de sus condiciones de calidad que es necesario corregir para establecer nuevamente el equilibrio del medio.

La elección de sistemas adecuados, desde el punto de vista de la explotación como de la obtención de niveles de depuración que se adapten a las exigencias del medio y las características del núcleo son fundamentales para conseguir resultados que realmente permitan disminuir las concentraciones de contaminación en los cauces públicos. La elección del sistema debe ser justificada tanto económicamente como desde el punto de vista de los impactos que pueda generar, valorarlos y estudiar la aplicación de medidas correctoras de las alteraciones provocadas y desarrollar un programa de seguimiento y control medioambiental, y todo ello con la intención de armonizar la conservación y el desarrollo.

El objetivo de este estudio es evaluar los posibles efectos de la construcción y funcionamiento así como la incidencia esperada por la ejecución de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) en X (Región de Murcia).

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.



V.2. FASES DEL ESTUDIO.

El análisis de impacto ambiental presente tiene como objetivo la identificación de los factores ambientales o elementos del entorno que razonablemente vayan a resultar alterados por la realización del proyecto, así como los elementos de éste que generen esas alteraciones.

El presente estudio se estructura en las siguientes fases:

- **Fase I**

Se realizará un inventario ambiental detallado de todos aquellos aspectos del medio que caracterizan la zona de estudio.

- **Fase II**

En esta 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 previsible, representándose en una matriz que confronta la información proporcionada por el análisis del proyecto y la del estudio de la situación preoperacional.

- **Fase III**

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.

Nos vamos a encontrar por tanto, de forma global, con los siguientes apartados:

- ✓ **Descripción del proyecto:** donde se va a ver a grandes rasgos en que consiste el proyecto, haciendo una breve descripción de todos los aspectos de este.
- ✓ **Análisis y caracterización ecológica e inventario básico del medio afectado:** donde se va a estudiar la zona de implantación del propio proyecto, viendo los distintos aspectos, tanto medioambientales como socio-económicos.



- ✓ **Identificación de acciones generadoras de impactos:** se distinguirán acciones derivadas de la construcción y puesta en funcionamiento de la solución adoptada, que puedan provocar impactos sobre el ámbito de estudio, detallándolas por fases.
- ✓ **Identificación de los factores del medio susceptibles de recibir impacto:** se determinarán los elementos del medio que puedan ser afectados por las actuaciones llevadas a cabo en el proyecto.
- ✓ **Caracterización y valoración de los impactos sobre el medio:** se analizarán las características de los impactos que se puedan generar y se procederán a su valoración mediante matrices de interacción.
- ✓ **Medidas preventivas y correctoras:** identificados y cuantificados los impactos ambientales, se estudian las medidas preventivas y correctoras a introducir en el diseño de las opciones para minimizar su impacto ambiental; evitando, reduciendo o compensando los efectos negativos.
- ✓ **Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental.**

V.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

Este proyecto consiste en la construcción de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (E.D.A.R) de tipo urbana (vertido fundamentalmente doméstico), basada en un proceso biológico de fangos activos y capaz de tratar tanto los vertidos actuales como los previstos para el año horizonte, diseñándose para una población de 40.000 habitantes equivalentes, y situada en X (Región de Murcia). El diseño será el adecuado para permitir la reutilización del agua depurada para riego de zonas recreativas y para destinar el fango a sus distintos usos posibles.



V.4. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS.

4.1. 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.

4.2. Principales acciones generadoras de impactos.

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 klareos:** 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 pueden 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.

4.3. Descripción del entorno.

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:



4.3.1. Medio abiótico.

- **Relieve**
 - Formas del relieve
 - Altitudes
 - Pendientes
- **Geología**
 - Situación geológica
 - Estratigrafía
 - Tectónica
 - Geomorfología
 - Geotecnia
- **Meteorología**
 - Temperaturas
 - Precipitaciones
 - Evaporación-transpiración potencial y aridez
- **Hidrología**
 - Red de drenaje
 - Régimen de los cursos de agua
 - Reservas del subsuelo
 - Vulnerabilidad de los acuíferos

4.3.2. Medio biótico.

- **Vegetación y flora**
 - Vegetación potencial
 - Vegetación actual
 - Degradación
 - Riesgo de incendios



- **Fauna**
 - Destrucción y alteración del hábitat
 - Efecto barrera
 - Riesgo de atropello
 - Flora
 - Fauna

(Nota: comúnmente el medio abiótico y el medio biótico se encuentran englobados en lo que se conoce como MEDIO FÍSICO o NATURAL)

4.3.3. Medio socioeconómico e institucional.

- **Situación demográfica**
 - Efectos sobre la población activa
 - Riesgo de accidentes
 - Cambio en las condiciones de circulación
- **Sectores económicos**
 - Agricultura y ganadería
 - Usos urbanos del suelo
 - Comunicaciones
- **Equipamientos y servicios**
 - Abastecimiento de agua
 - Saneamiento
 - Energía eléctrica y alumbrado público
- **Patrimonio histórico-artístico**
 - Patrimonio ecológico
 - Yacimientos arqueológicos
- **Contaminación**
 - Aumento de los niveles de emisión



- Incremento de los niveles sonoros
- Degradación del paisaje

4.4. 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.

4.4.1. Valoración de los efectos.

Para este fin se realizará, en primer lugar, un análisis cualitativo de todos los impactos, así como un análisis cuantitativo de aquellos a los que de lugar.

La descripción cualitativa sigue los criterios que se exponen a continuación:

1. *Carácter de impacto*: se calificará de beneficioso o adverso según tenga consecuencias positivas o negativas para el medio ambiente.
2. *Tipo de acción*: la acción es directa si repercute directamente sobre algún elemento del medio; indirecta si afecta a algún elemento del medio a través de una interdependencia con otro elemento afectado directamente.
3. *Sinergia*: existe sinergia entre dos impactos cuando su efecto conjunto es superior a la suma de sus efectos por separado.
4. *Características temporales del impacto*: si el impacto se presenta de forma intermitente o continua, pero con un plazo limitado de manifestación, es temporal. Si aparece de forma continuada o bien tiene un efecto intermitente pero sin final, originando alteración indefinida, es permanente.
5. *Características espaciales del impacto*: si los efectos de la acción se manifiestan cerca de la misma, será un impacto localizado; de lo contrario será un impacto extensivo.
6. *Reversibilidad*: la reversibilidad se establece según sea más o menos difícil la recuperación natural (sin intervención humana) de las condiciones originales, una vez desaparecida la acción.



CAPÍTULO V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

7. *Probabilidad de ocurrencia o persistencia*: mide el riesgo de aparición del efecto. La ocurrencia puede ser segura, alta, media, baja o nula.
8. *Incidencia sobre recursos protegidos*: se trata de evaluar si el impacto afecta o no a algún recurso protegido.
9. *Medidas correctoras*: se indica la presencia actual de medidas correctoras tendentes a paliar los efectos de cada impacto.
10. *Recuperabilidad*: según sea más o menos difícil la recuperación de las condiciones originales mediante medidas correctoras.
11. *Magnitud*: la evaluación de la magnitud de cada impacto se realiza atendiendo a la siguiente clasificación.
12. *Ausencia de impacto significativo*: cuando alguna de las acciones consideradas se demuestre que no produce un impacto significativo sobre el medio, no se realizará el análisis de la misma.

INCIDENCIA

La valoración de la incidencia servirá para medir el grado y la forma de las alteraciones, y vendrá definida por la intensidad, y una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración. Hemos elegido la persistencia y la reversibilidad como parámetros para definir la incidencia, además de la intensidad, dada la siguiente fórmula:

$$I = 2In + P + 2R \quad (\text{Ec. 1})$$

En el siguiente cuadro se muestran los valores con los que se ponderan los diferentes parámetros:

INTENSIDAD		PERSISTENCIA		REVERSIBILIDAD	
Baja	1	Temporal	1	Reversible	1



CAPÍTULO V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

Media	2	Permanente	2	Irreversible	3
Temporal	4				

Tabla 1. Valores para ponderar los diferentes parámetros.

- Incidencia corregida

La incidencia varía entre un valor mínimo de 4 y uno máximo de 12. Hemos transformado estos valores según un factor de corrección en el que al valor medio (8) le asignamos la unidad, de este modo, tenemos la siguiente correspondencia:

	INCIDENCIA	INCIDENCIA CORREGIDA
VALOR MÍNIMO	5	0.48
VALOR MEDIO	10,5	1
VALOR MÁXIMO	16	1,52

Tabla 2. Incidencia frente a Incidencia corregida.

MAGNITUD

La valoración de la magnitud nos servirá para conocer la cantidad y calidad de los factores modificados.

Ante la dificultad de medir los efectos para una valoración cuantitativa, hemos realizado una valoración cualitativa de la magnitud.

Se ha definido un rango de magnitud de 1 a 10, con los siguientes intervalos:



INTERVALOS DE MAGNITUD	
Baja o compatible	1-3
Moderada	4-5
Media o severa	6-7
Alta o crítica	8-10

Tabla 3. Intervalos de magnitud.

- **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, irreversibles, extensivos y con efectos acumulativos y sinérgicos.

VALORACIÓN FINAL APROXIMADA DE LOS EFECTOS

La valoración final de los efectos vendrá dada por el producto de la magnitud por la incidencia del impacto:

$$V = I \cdot M \quad (\text{Ec.2})$$

El valor final de los impactos oscilará entre el siguiente valor mínimo: 0,5 (resultado de multiplicar la magnitud mínima: 1, por la incidencia mínima: 0,5), y el valor máximo: 15 (resultado de multiplicar la magnitud máxima: 10, por la incidencia máxima: 1,5).

En las *matrices de valoración de los efectos* se indicarán los resultados de la valoración final de los efectos más importantes.



4.4.2. Alteraciones sobre el medio abiótico.

Las principales alteraciones sobre el medio abiótico que se pueden generar por las obras previstas quedan resumidas en los siguientes puntos.

- *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.

- *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.

- *Hidrología*

- *Flujo y calidad de las aguas superficiales*

El área estudiada presenta un curso de agua principal (el río Segura). 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.

4.4.3. Alteraciones sobre el medio biótico.

- *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 contraincendios: extintores, mantas apagafuegos, etc.

De modo global, se puede decir que este tipo de alteración presenta una magnitud moderada.

- *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.

4.4.4. 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.

- *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.

- *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.



- *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 las 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.

- *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 dimensiones de la obra.

Las mayores afecciones previsibles se producirán durante la fase de obra, siendo prácticamente nulas tras la finalización, pues únicamente se notarán las instalaciones propias de la E.D.A.R.

4.5. Jerarquización de los efectos en el entorno.

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.

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, 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

Tabla 4. Valoración estimativa de la alteración sobre los grupos de elementos del medio.

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.

V.5. MEDIDAS PROTECTORAS, COMPENSATORIAS Y CORRECTORAS.

Siguiendo lo expuesto en la metodología general y respondiendo a la finalidad del presente estudio, se han elaborado, en función del medio afectado y de las causas originadas de los impactos, una serie de medidas correctoras de los mismos (preventivas en muchos casos y paliativas en otros), tendentes siempre a minimizar los aspectos negativos o, en última instancia, a compensar la carencia inducida.

Se basan estas medidas en el análisis detenido de la conformación de los impactos, para



incidir en sus primeras fases de generación, al objeto de que, además de reducir las consecuencias negativas, aminoren los costes de operación y sobre todo los de restauración.

Del análisis de los impactos se observa que sobre un mismo factor ambiental pueden incidir varias causas agentes, con idénticas consecuencias, y que pueden minimizarse con la aplicación de una misma medida correctora; o bien, una misma causa agente puede incidir sobre varios factores ambientales, con distintas consecuencias, pudiéndose corregir con una sola acción minimizadora. Así es el caso, por ejemplo, de la contaminación del suelo, de las aguas superficiales y de las subterráneas, por la generación de residuos; efectos que pueden obviarse con una sola medida correctora.

Se han agrupado las medidas en tres tipologías:

- *Medidas precautorias, preventivas y/o protectoras*: Este tipo de medidas son las aplicables bien sobre la actividad, ya que modificando las características de la actuación se puede disminuir la agresividad de la misma, o bien sobre el factor o factores potencialmente alterados, en un intento de disminuir su fragilidad. Por tanto, las medidas incluidas en este grupo evitan la aparición de un impacto o disminuyen su intensidad “a priori”, y deben adoptarse previamente a la aparición del mismo.
- *Medidas compensatorias*: Se trata de normas o actuaciones aplicables cuando un impacto es inevitable o de difícil corrección. Tienden a compensar el efecto negativo de éste mediante la generación de efectos positivos relacionados con el mismo. En otros casos puede tratarse de acciones que aprovechan la potencialidad de un recurso o del territorio, de modo que se generen beneficios adicionales.
- *Medidas correctoras*: Son las necesarias para minimizar o corregir impactos ya originados, en un intento de recuperar el estado inicial o, al menos, disminuir la magnitud del efecto.

5.1. Medidas protectoras.

Se han identificado como medidas protectoras una serie de recomendaciones y actuaciones enfocadas a la minimización de impactos generados por la emisión de sustancias contaminantes al medio.



A continuación se presentan las consideraciones más importantes.

5.1.1. Fase de construcción.

- Movimiento general de tierras

No se ocupará más suelo del necesario. Para ello se señalizarán los pasillos y accesos mediante bandas o balizas, de forma que todo el tráfico y maniobras se realicen dentro de la zona acotada por las mismas.

Una de las mejores medidas a aplicar en este sentido es establecer una correcta planificación de las obras y apostar por la formación ambiental del personal operario, principalmente de los encargados de los equipos de obra.

Siempre será preferible utilizar como zonas de acopio temporal de tierras y espacios de vertedero de materiales sobrantes, espacios degradados o campos abandonados, evitando, siempre que sea posible, áreas forestales o terrenos próximos a cursos de agua. Se aconseja que estas zonas estén acotadas y controladas para evitar contaminaciones fuera de las áreas restringidas para tal uso.

Asimismo, cuando el material procedente de las excavaciones no pueda reutilizarse para los rellenos debido a que no cumple las especificaciones señaladas en el PG-3, respecto a ser un suelo tolerable, adecuado o seleccionado, se procederá a utilizar tierras procedentes de préstamo. Se recomienda que las zonas de préstamo sean canteras existentes o lugares de escaso valor ecológico, siguiendo las mismas recomendaciones que para vertederos y acopios. En el caso de apertura de una nueva cantera, ésta deberá evaluarse ambientalmente con el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental.

Otro aspecto relacionado con los movimientos de tierras será la recuperación y aprovechamiento de la capa de tierra vegetal existente mediante el decapaje de los últimos centímetros más superficiales del suelo (20 ó 30 cm), con el posterior acopio en cordones o pilas de altura inferior a 2,5 m, realizando todas las operaciones necesarias para la conservación y mejora de sus características: oxigenación, abonado, siembra, incorporación de materia orgánica, etc., hasta su extendido final. La ubicación de los acopios deberá realizarse en zonas apartadas para evitar el pisoteo por el paso de vehículos o maquinaria



pesada procedente de la obra. El mantenimiento de las tierras vegetales servirá para potenciar el crecimiento de las especies vegetales escogidas en el ajardinamiento de las zonas verdes.

Cabe tener en cuenta los posibles problemas de estabilidad de los taludes resultantes del movimiento de tierras y los fenómenos de erosionabilidad del suelo por factores hídricos y climáticos. Una vez finalizadas las obras de excavación, cimentación de estructuras y rellenos, la superficie del terreno resultante será prácticamente plana.

La elección de zonas de ubicación del parque de maquinaria y planta hormigonera se realizará, preferentemente, en espacios alejados de cursos de agua y sobre áreas de escaso valor biológico. En este caso se aplicarán las medidas necesarias de recogida de aceites y lubricantes procedentes de la reparación de la maquinaria, como puede ser el establecimiento de arquetas estancas de recogida. Para las hormigoneras se establecerán balsas de decantación para la limpieza de los hormigones sobrantes, que posteriormente serán limpiadas, llevando el residuo a vertedero autorizado.

Una vez finalizadas las obras, se procederá a la limpieza de la zona afectada y al establecimiento de una cubierta vegetal, a base de la implantación de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas sobre las superficies desnudas para evitar problemas de erosión por factores climáticos.

Finalmente, deberán recuperarse los espacios utilizados como vertederos, acopios y/o préstamos mediante una restauración topográfica y, a ser posible, el establecimiento de plantaciones para integrar la zona afectada al entorno.

- *Hidrología*

Para evitar impactos sobre la calidad de las aguas, así como sobre la vegetación y fauna asociadas, solamente se cruzarán los cauces y acequias por los caminos existentes en la actualidad; asimismo, no se cambiará el aceite de la maquinaria ni se reparará ésta en las zonas próximas.

Se extremarán las precauciones con el fin de evitar la contaminación de cauces o la infiltración de sustancias contaminantes que puedan afectar a las aguas subterráneas. En este sentido, se recomiendan, al igual que se comenta en el apartado anterior, las siguientes medidas preventivas:



CAPÍTULO V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

- Marcar previamente las áreas de actuación.
- Establecer el parque de maquinaria alejado de cursos de agua, procediendo a la recogida rápida de aceites y sustancias contaminantes que se puedan generar con el mantenimiento de los equipos y vehículos.
- Evitar el acopio de tierras y otros materiales en zonas cercanas a cursos de agua, para minimizar la aportación de sólidos.

Por otro lado, una correcta planificación de las obras que tenga en cuenta además de los aspectos constructivos, los ambientales, evitará en muchos casos contaminaciones innecesarias.

- *Paisaje*

Además de las medidas establecidas en el apartado de movimiento de tierras, para minimizar el impacto que se origina como disminución de la calidad visual del paisaje durante la construcción de las distintas estructuras, por almacenamiento de materiales, utilización de maquinaria y elección de vertederos, se procurarán elegir zonas abrigadas de vistas.

Se propone que el diseño de las edificaciones sea lo más integrado posible en el entorno. Para ello, se recomienda el empleo de materiales y formas usuales en la arquitectura de la zona, especialmente en cuanto a color y textura se refiere. Principalmente, se deben evitar las grandes superficies acristaladas o con materiales metálicos, que contrastan fuertemente con la estética de la zona.

- *Ruido*

La parcela donde se instalará la futura E.D.A.R. se encuentra lo suficientemente alejada del núcleo de la población más próxima a ella, como para presuponer que no se originará molestia alguna a dicha población.

- *Polvo*

El paso de vehículos pesados y la maquinaria generará polvo en la zona de obras, por lo que se aconseja el riego periódico de pistas y accesos, así como de las superficies abiertas (principalmente en épocas secas).



CAPÍTULO V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

Asimismo, se recomienda el control de las emisiones de los motores diesel mediante depuradores catalíticos o por barboteo de agua, filtros, etc. En este caso, la revisión periódica de los vehículos relacionados con las obras será una de las medidas preventivas más eficaces.

- *Vegetación*

La principal medida preventiva es la correcta señalización de las obras, para evitar así la afección en zonas que no sean las estrictamente necesarias, por el paso de vehículos y maquinaria de la obra.

Todos los elementos vegetales afectados por las obras, pero que sean interesantes de conservar, se someterán a operaciones de trasplante. En este caso, antes del inicio de las obras, se señalarán los ejemplares o masas arbustivas a recuperar.

- *Fauna*

No se establecerán medidas preventivas, dado que las poblaciones de aves y mamíferos de la zona se desplazarán de la zona de las obras a otras más tranquilas y serán recuperadas una vez iniciadas las nuevas actividades.

- *Residuos*

La eliminación de los vertidos y escombros generados en fase de construcción se realizará en vertederos controlados y en ubicaciones donde exista autorización para ello.

Deben tomarse, asimismo, las oportunas precauciones en el transporte, empleo y manejo de los residuos; especialmente con los restos de hormigón de los camiones-cuba, que serán vertidos en lugares apropiados al efecto, y nunca en terrenos ocupados por vegetación próximos a cursos de agua o susceptibles de cualquier uso.

- *Patrimonio cultural*

Ante la posibilidad de la presencia de yacimientos arqueológicos de importancia, se prestará especial atención durante las excavaciones, poniendo en conocimiento del organismo competente cualquier incidencia al respecto.



5.1.2. Fase de explotación.

- Vegetación y fauna

Una vez finalizadas las obras, durante la fase de explotación, la relación directa entre la mejora de las aguas y la recuperación vegetal de los márgenes de los cursos de agua relacionados será un impacto ambiental positivo que no precisará de medidas ni correctoras ni preventivas.

Paralelamente, la mejora de las aguas también afectará positivamente a la recuperación de la fauna piscícola aguas abajo y, en definitiva, a la restauración de todas las especies faunísticas presentes en el área de influencia.

- Ruido

En cuanto al ruido producido por el tránsito de camiones, se recomienda que la velocidad de circulación sea moderada, inferior a 50 km/h, con una correcta planificación del itinerario.

- Residuos

Los carretes procedentes de las bobinas utilizadas para la instalación eléctrica deberán ser llevados a fábrica para su reciclado.

- Olores

Éstos se minimizan con un buen manejo del sistema.

5.2. Medidas compensatorias.

Las medidas compensatorias utilizadas en este proyecto se resumen en compensaciones económicas, por lo que respecta a la utilización de terrenos únicamente de carácter temporal.

5.3. 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 o *indicadores* 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.

5.3.1. 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.

5.3.2. 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 < 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 nos 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.

5.3.3. Protección del sistema hidrológico.

El área de estudio presenta un cauce permanente como es el río 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.

5.3.4. 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, desbroce y movimientos de tierras en primavera, por ser 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.

5.3.5. 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.

5.3.6. 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.

V.6. 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 EIA.

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



subsanan 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.

Resumiendo, el objeto del presente programa es establecer las pautas para realizar el control y seguimiento de las medidas protectoras, correctoras y compensatorias diseñadas.

El programa de vigilancia se dividirá en dos fases, de diferente duración:

- *Fase I:* se corresponderá con la fase de ejecución del proyecto de medidas correctoras, que se extenderá desde la fecha del acta de replanteo hasta la de recepción de las obras.

- *Fase II:* se engloba en la fase de explotación de las obras, extendiéndose durante 12 meses desde el acta de recepción de las obras.

6.1. Fase I: Ejecución de las obras.

En esta fase, el Programa de Vigilancia se centrará en el control del desarrollo y ejecución de las medidas protectoras, correctoras y compensatorias proyectadas.

Si durante este período de construcción se detectasen afecciones no previstas al medio donde se emplazan las obras, el equipo de control y vigilancia deberá proponer las medidas necesarias para evitarlas o corregirlas.

6.1.1. Seguimiento de medidas protectoras.

- *Control de protección de los valores arqueológicos*

Si durante la fase de movimiento de tierras se descubren valores arqueológicos, el equipo de control y vigilancia informará al arqueólogo especialista en la mayor brevedad posible, quien determinará las actuaciones a adoptar para evitar su afección. Acto seguido, se pondrá en



CAPÍTULO V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

conocimiento del organismo competente para que dicte las medidas oportunas.

- *Control de operaciones ruidosas*

Los ruidos generados durante la fase de construcción ocasionan unos impactos sobre la población próxima, el personal de la obra y la fauna del entorno.

A este respecto, se deberá controlar que los horarios de ejecución de actividades ruidosas se efectúen entre las 8 y 22 h como norma general. Si se precisa realizar trabajos nocturnos, el contratista deberá solicitar autorización escrita al responsable del presente programa.

- *Control de emisiones de partículas*

Para evitar la generación de polvo a consecuencia de los movimientos de tierras, se deberán regar las explanadas de los caminos de obra, según se indica en el apartado de medidas correctoras.

Se controlará la ejecución de esta operación, así como los niveles de polvo y partículas en suspensión, adecuando las medidas a los niveles medidos.

- *Control de las áreas de movimiento de maquinaria*

De forma paralela al acta de replanteo de las obras, se delimitarán las zonas de movimiento de la maquinaria, acotándolas si fuese preciso.

Se controlará de forma exhaustiva el respeto de dichas áreas, debiendo solicitar el contratista autorización para la apertura de nuevos caminos o la ampliación de dicha zona.

- *Seguimiento de zonas de instalaciones y parques de maquinaria*

Se controlarán periódicamente las actividades realizadas en las instalaciones de obra y parque de maquinaria. Serán objeto de especial control:

- Cambios de aceite de maquinaria: se comprobará que no se producen vertidos de forma incontrolada. Para ello, se exigirá un certificado del lugar final de destino de dichos aceites, que deberá ser una industria de reciclaje o de eliminación



CAPÍTULO V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

de residuos autorizada.

- Basuras: se comprobará el destino de las basuras generadas en las obras, exigiéndose un certificado del lugar de destino, que deberá ser un centro de tratamiento de residuos o vertedero autorizado. No se aceptarán vertederos de basuras en el área de las obras.

- *Control de ubicación de canteras, vertederos y escombreras*

De forma previa al comienzo de la extracción de materiales, se controlará el adecuado replanteo de las canteras y zonas de préstamos.

Si durante la ejecución de las obras fuese preciso ampliar estas zonas, el equipo de control y vigilancia será el encargado de dictar las pautas para evitar afecciones al medio.

Se controlará que los materiales sobrantes sean depositados en los vertederos municipales autorizados, tal como propone el presente estudio.

En caso de precisarse otros vertederos para tierras sobrantes, o zonas de extracción y préstamos, el contratista deberá solicitar una autorización que deberán aceptar:

- El director de las obras.
- El responsable del presente programa.
- El órgano autonómico competente.
- El responsable del municipio en que se ubique.
- El propietario, en caso de ser un terreno privado.

La solicitud de la concesión se deberá acompañar de una memoria sobre Impacto Ambiental y de un proyecto de restauración ambiental que será revisado por el equipo de control y vigilancia.

- *Mantenimiento de servicios y servidumbres*

Durante las obras se deberá asegurar el acceso permanente a todos los terrenos que actualmente lo tengan.



- *Control de la instalación de líneas eléctricas*

Se controlará que sean retiradas las bobinas de la línea para su reciclado.

6.1.2. Seguimiento de medidas correctoras.

- *Seguimiento de la restauración de terrenos afectados por las obras*

Serán objeto de seguimiento y control las siguientes actuaciones:

- *Retirada y acopio de tierra vegetal:* se controlará que se retire la tierra vegetal en la profundidad señalada, evitando, de forma especial, excavaciones en una mayor profundidad.
- *Explotación de las canteras:* se mantendrá un seguimiento de la explotación de las canteras, de forma que se realice en las zonas previstas y con las profundidades señaladas.
- *Extensión de tierra vegetal:* se verificará la extensión de tierra vegetal en todas las superficies afectadas, con el espesor exigido.
- *Época de ejecución de las obras y secuenciación de las mismas:* se vigilará que las plantaciones se ejecuten en los períodos señalados.
- *Plantaciones:* se comprobará que las especies, edades y presentación de las plantas sean las adecuadas. Se vigilará especialmente que las plantas presenten un estado y características adecuadas para su empleo.

- *Control de desmantelamiento de instalaciones de obra*

Con anterioridad a la emisión del Acta de Recepción Provisional de las Obras, se realizará una visita de control para comprobar que las instalaciones de obra han sido retiradas y desmanteladas, y que en la zona de ocupación de dichas instalaciones se ha procedido a la restauración ambiental.

6.1.3. Informes.

Los informes a presentar en esta fase serán:



I. Informes ordinarios.

Se presentarán durante toda la duración de las obras, de forma mensual, desde la fecha del acta de replanteo.

En el primero de estos informes se recogerán las observaciones relativas a protección acústica, emisiones de polvo, obtención de materiales y su vertido, cuidados en la zona de instalaciones y parque de maquinaria.

En los siguientes se informará del funcionamiento de estos dispositivos, si es correcto o, en caso contrario, las causas de ello y las medidas correctoras y aplicadas. Se incluirán en estos informes los resultados de los análisis periódicos de aguas. Las muestras se deberán tomar en el mismo punto donde se recogieron las primeras.

Asimismo, se recogerán las medidas correctoras realizadas en el caso de detectarse una pérdida de calidad de las aguas.

II. Informes extraordinarios.

Los informes extraordinarios que se presentarán en esta fase serán:

II.1. Informe previo al acta de recepción de las obra.

Se presentará un informe sobre las medidas protectoras, correctoras y compensatorias realmente ejecutadas. En dicho informe se recogerán los siguientes aspectos:

- Unidades realmente ejecutadas de cada actuación recogidas en el Pliego de Prescripciones del proyecto.
- Unidades previstas en dicho proyecto. En caso de no coincidir la previsión con lo realmente ejecutado, sea por exceso o defecto, se señalarán las causas de dicha discordancia.
- Forma de realización de dichas medidas y materiales empleados.
- En las actuaciones en que sea posible, resultados hasta la fecha de redacción del informe. En caso de resultar negativos, causas de ello.
- Actuaciones pendientes de ejecución.



- Propuestas de mejora.

II.2. Informes especiales.

Siempre que se detecte cualquier afección al medio no prevista, de carácter negativo, y que precise una actuación para ser evitada o corregida, se emitirá un informe con carácter urgente aportando toda la información necesaria para actuar en consecuencia.

Asimismo, podrán emitirse informes especiales cuando cualquier aspecto de la obra esté generando unos impactos superiores a los previstos o intolerables.

6.2. Fase II: Explotación de las obras.

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.

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

En esta fase, el Programa de Vigilancia se centrará en:

- Determinar las afecciones que la presencia de la depuradora supone sobre el medio, comprobando su adecuación al Estudio de Impacto Ambiental.
- Detectar afecciones no previstas y articular las medidas necesarias para evitarlas o corregirlas.



CAPÍTULO V. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

- Comprobar la efectividad de las medidas protectoras, correctoras y compensatorias proyectadas.
- Comprobar la evolución de la calidad de las aguas tras su depuración.
- Comprobar que los lodos resultantes de la depuración son utilizados para la producción de compost y/o son evacuados a vertedero autorizado.

6.2.1. Eficacia de las medidas correctoras.

- *Eficacia de la restauración ambiental de terrenos afectados*

Durante esta fase se comprobará, mediante muestreo en visitas periódicas, la evolución de la cubierta vegetal implantada; tanto la brotación de siembras, como la pervivencia y desarrollo de las plantaciones. En las citadas visitas serán objeto de control los posibles procesos erosivos que hayan tenido lugar, estableciéndose en el informe correspondiente las medidas correctoras de urgencia a aplicar para frenar dichos fenómenos.

- *Seguimiento de la calidad de las aguas*

Durante toda esta fase se vigilará la calidad de las aguas que llegan al río, así como la evolución de las mismas. Para ello se procederá a la toma de muestras de forma quincenal. Los resultados y su diagnóstico se deberán incluir en los informes ordinarios correspondientes. De igual forma que en la primera fase, se realizarán gráficos de calidad a origen.

Si se detectase una pérdida de calidad en las aguas, el equipo de control y vigilancia deberá realizar un estudio de las causas, así como proponer las medidas correctoras necesarias.

- *Seguimiento del destino de los lodos*

Se comprobará la correcta ejecución de lo establecido en el Estudio de Impacto Ambiental en cuanto al destino de los lodos generados en el proceso de depuración.



- *Seguimiento de los olores*

Se vigilarán los olores y la evolución de los mismos, comprobando el correcto funcionamiento de los sistemas.

6.2.2. Informes.

I. Informes ordinarios.

Se presentarán durante los años de duración de esta fase, a contar desde la firma del acta de recepción provisional de las obras, con una periodicidad semestral (6 meses).

En estos informes se recogerá la evolución y eficacia de las medidas correctoras aplicadas. En cada informe se señalarán las marras observadas, así como las superficies en que no haya nacimiento de siembras o ésta sea irregular, adjuntándose planos al respecto. También se señalarán los trabajos de control y seguimiento pendientes y el programa de trabajo para los seis meses siguientes. Por último, se incluirán los resultados de los análisis de las aguas tratadas.

II. Informes extraordinarios.

Los informes extraordinarios que se presentarán en esta fase serán:

II.1. Informe previo al acta de recepción de las obras.

Se presentará un informe sobre las medidas protectoras y correctoras realmente ejecutadas. En dicho informe se recogerán los siguientes aspectos:

- Conclusiones del informe previo al acta de recepción provisional de las obras.
- Resiembras y reposiciones de marras realizadas durante el período de garantía.
- Actuaciones, conservación, mantenimiento y riegos de sostenimiento reales ejecutados.
- Actuaciones no ejecutadas.
- Eficacia y estado de las operaciones efectuadas.



II.2. Informes especiales.

Siempre que se detecte cualquier afección al medio no prevista, de carácter negativo, y que precise una actuación para ser evitada o corregida, se emitirá un informe con carácter urgente aportando toda la información necesaria para actuar en consecuencia.

CAPÍTULO VI

PRUEBAS Y ENSAYOS



INDICE

CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

	PÁGINA
VI.1. PRUEBAS Y ENSAYOS DE OBRA CIVIL.....	306
VI.2. PRUEBAS Y ENSAYOS DE EQUIPOS.....	306
2.1. Inspecciones de materiales y equipos.....	307
2.1.1. Alcance de procedimiento.	
2.1.2. Inspección del equipo mecánico.	
2.1.3. Inspección de tuberías y accesorios.	
2.1.3.1. Válvulas.	
2.1.3.2. Tuberías.	
2.1.3.3. Accesorios.	
2.1.3.4. Bridas.	
2.1.3.5. Tornillos, espárragos, pernos y juntas.	
2.1.4. Inspección de instrumentos.	
2.1.4.1. Válvulas de control.	
2.1.4.2. Válvulas de seguridad.	
2.1.4.3. Otros instrumentos.	
2.1.4.4. Tubería de instrumentos.	
2.1.5. Inspección de las pinturas y protecciones.	
2.1.5.1. Detector eléctrico.	
2.1.6. Pruebas de Presión.	
2.1.6.1. Alcance.	



CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

2.1.6.2. Contenido.

2.1.7. Detalle de las pruebas de presión.

2.1.7.1. Pruebas para equipos.

2.1.7.2. Pruebas para tuberías.

2.1.8. Ensayos de nivel de ruido.

VI.3. PRUEBAS Y ENSAYOS PARA LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS

EN FÁBRICA.....321

3.1. Condiciones generales.....321

3.1.1. Pruebas en fábrica de los motores.

3.1.2. Pruebas de fábrica de los cuadros de baja tensión.

3.1.3. Inspección y pruebas de fábrica de los paneles de control.

3.1.4. Inspección de equipos eléctricos diversos.

VI.4. PRUEBAS Y ENSAYOS DE EQUIPOS ELÉCTRICOS EN OBRA.....324

4.1. Condiciones generales.....324

4.2. Aparatos y procedimientos generales.....325

4.3. Instalaciones probadas.....326

4.3.1. Puesta a tierra.

4.3.2. Cable.

4.3.3. Transformador de potencia.

4.3.4. Cuadros de distribución de fuerza.

4.3.5. Cuadros de alumbrado, servicios auxiliares, control y mando de relés
auxiliares.

4.3.6. Circuitos de alumbrado, enchufes alumbrado de emergencia, iluminación de
niveles.



CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

4.3.7. Condensadores.	
4.3.8. Ensayos de motores.	
4.3.9. Sistema de comunicaciones.	
4.3.10. Caída de tensión.	
4.3.11. Lámparas de vapor de mercurio color corregido y lámparas de sodio.	
4.3.12. Medición del factor de potencia.	
4.4. Pruebas de recepción.....	332
4.4.1. Caídas de tensión.	
4.4.2. Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.	
4.4.3. Conexiones.	
4.4.4. Resistencia de tierra.	
4.4.5. Equilibrio entre fases.	
4.4.6. Factor de potencia.	
4.4.7. Otros ensayos.	
VI.5. PRUEBAS HIDRÁULICAS EN OBRA.....	334



CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

VI.1. PRUEBAS Y ENSAYOS DE OBRA CIVIL.

El Contratista indicará en los planos de conjunto y de detalle del Proyecto de Construcción, los niveles de vigilancia y control de cada unidad de obra, de acuerdo con las normas vigentes y en todo caso, con lo establecido en los diferentes artículos del presente capítulo.

En el transporte, almacenaje y manipulación de toda clase de materiales, serán obligadas todas las disposiciones necesarias para que no sufran menoscabo o deterioro en sus características, forma y dimensiones.

La recepción y aceptación de productos primarios que hayan de recibir un tratamiento posterior, no supondrá la aceptación del nuevo producto obtenido, quedando éste supeditado a los ensayos y pruebas previstos por él.

Las pruebas y ensayos de los materiales y elementos constructivos que sean necesarios a juicio de la Dirección de la Obra, se realizarán en los laboratorios que éste designe. En caso de disconformidad con los resultados de dichas pruebas y ensayos, el Contratista podrá solicitar que se hagan otras en un Laboratorio Oficial, designado de común acuerdo.

En ningún caso podrá aceptarse como causa justificada de retraso en los plazos parciales y totales, cualquier imputación del Contratista referente a supuestos o efectivos trastornos en la marcha de sus trabajos por la necesidad de hacer ensayos o pruebas porque tenga que adoptar cualquier medida necesaria para el cumplimiento de las condiciones establecidas en este capítulo.

VI.2. PRUEBAS Y ENSAYOS DE EQUIPOS.

Por cada equipo o parte del mismo, se desarrollarán los ensayos correspondientes según las normas y prescripciones adoptadas por el Contratista. Quedarán definidas las pruebas que han de desarrollarse durante la construcción del equipo, en bancos.

Tras la recepción del mencionado equipo y una vez montado éste, se llevarán a cabo las correspondientes a la instalación o parte de la misma, a que pertenezca.



2.1. Inspecciones de materiales y equipos.

2.1.1. Alcance de procedimiento.

Este procedimiento será aplicable para la inspección de todos los materiales que se realizará en el taller y/o almacenes del Adjudicatario.

Los tantos por ciento abajo citados se refieren a la totalidad de las partidas de materiales o equipos de un proyecto y no tienen la intención de definir el tipo de inspección que deberá llevarse a cabo.

1. Donde se especifique al 100%, cada partida será inspeccionada.
2. Donde se indique inspección al 10%, se inspeccionará solamente el 10% de la cantidad comprendida en cada conjunto.

Los certificados requeridos por los Códigos, certificados del fabricante y cualquier otro documento requerido, serán incluidos en el Catálogo Mecánico o Dossier final del equipo.

2.1.2. Inspección del equipo mecánico.

- *Bombas*: Todas las bombas serán inspeccionadas.
- *Compresores*: Todos los compresores serán inspeccionados.
- *Equipos de accionamiento de bombas y compresores*: Todos los equipos de accionamiento de bombas y compresores serán inspeccionados.
- *Agitadores y Mezcladores*: Todos los agitadores y mezcladores serán inspeccionados.
- *Equipos de manejo y dosificación de productos*: Todos los equipos serán inspeccionados.

La inspección se realizará durante el montaje y consistirá en lo siguiente:

- ✓ Comprobación de que se han cumplido todas las especificaciones y requerimientos.
- ✓ Comprobación de que se ha terminado completamente el trabajo y se dispone de todas las partes componentes, así como de los accesorios.
- ✓ Inspección visual de la calidad del trabajo.
- ✓ Inspección final dimensional de acuerdo con los planos aprobados finales.



2.1.3. Inspección de tuberías y accesorios.

2.1.3.1. Válvulas.

Las válvulas de acero al carbono y acero aleado se inspeccionarán al 100%

El 10% de inspecciones para las válvulas de aluminio, bronce y otras válvulas de materiales no férreos usadas en servicios auxiliares.

Identificar los materiales con los certificados del Fabricante.

Presenciar las pruebas de detección de grietas, dureza, etc., que sean requeridas.

Presenciar las pruebas hidráulicas en cuerpo y asiento.

Control dimensional y visual para comprobar la conformidad con las normas y especificaciones.

Para válvulas operadas con motor, comprobar visualmente que el motor está conforme con la requisición.

No se requiere inspección para accesorios de válvulas tales como cadenas, volantes, guías, alargadores de husillo, columnas de maniobra, etc.

2.1.3.2 Tuberías.

Identificar todos los materiales con los certificados del Fabricante.

Comprobar que los procedimientos de soldadura empleados, son los que han sido aprobados.

Presenciar la prueba hidráulica.

Revisar los gráficos de recocido y comprobar la dureza Brinnell.

Si se requiere inspección radiográfica, examen de todas las radiografías.

Inspección final dimensional e inspección visual de la calidad del acabado. Asimismo, deberá comprobarse cuidadosamente la limpieza interior de la tubería, en especial las soldaduras.



2.1.3.3. Accesorios.

Identificar todos los materiales con los certificados de calidad del Fabricante.

Presenciar todas las pruebas de detección de grietas, durezas, etc., que estén especificadas.

Inspección visual y dimensional.

2.1.3.4. Bridas.

El procedimiento de inspección de bridas, se realizará igual que el relativo a los accesorios.

2.1.3.5. Tornillos, espárragos, pernos y juntas.

No se requiere inspección, salvo que se especifique en la requisición.

2.1.4. Inspección de instrumentos.

2.1.4.1 Válvulas de control.

Prueba hidráulica de cuerpo y asiento.

Prueba hidráulica de fugas del diafragma.

Prueba de histéresis.

Identificación de todos los materiales con los certificados del Fabricante.

Inspección visual y dimensional.

2.1.4.2. Válvulas de seguridad.

Prueba hidráulica y comprobación de la presión disparo.

Comprobación visual y dimensional.

Identificar todos los materiales con los certificados del Fabricante.



2.1.4.3. Otros instrumentos.

Inspección visual y dimensional.

Comprobación del calibrado del instrumento.

Pruebas de histéresis.

2.1.4.4. Tubería de instrumentos.

En general, no se requerirá inspección.

2.1.5. Inspección de las pinturas y protecciones.

Todos los trabajos de pintura serán sometidos a inspección por la Dirección de Obra, tanto para los elementos pintados en campo como para aquellos pintados en taller, o para los que hayan requerido pintura en ambos sitios.

El Contratista de pintura y/o el fabricante de equipos, tuberías, etc., permitirá libre acceso a su taller y a sus elementos a la Dirección de la Obra cuando ésta desee inspeccionar su trabajo en base a esta especificación.

Los materiales o trabajos defectuosos, según esta especificación, serán corregidos o sustituidos por el Contratista.

Todas las capas de pintura serán inspeccionadas para determinar su espesor y la posible existencia de poros antes de aplicar la siguiente capa.

No se admitirán pinturas que estén caducadas por tiempo.

Antes de empezar a pintar se hará una prueba de ensayo del sistema de pintura, haciéndose ensayos de adherencia, según Norma DIN-53.151.

Durante la obra, además, se llevará un control de espesores de pintura, etc. y se harán pruebas de adherencia según Norma DIN-53.151.

La inspección se efectuará principalmente en ángulos, soldaduras, etc.



2.1.5.1. Detector eléctrico.

Se deberá disponer de un detector electrónico destinado a controlar la calidad del revestimiento empleado para la protección contra la corrosión de tubos metálicos.

Este aparato permitirá detectar tanto los pequeños defectos originados por las oclusiones de gas, como los defectos de mayor importancia ocasionados por un revestimiento defectuoso. Este detector deberá ser aprobado por la Dirección de la Obra para su utilización en la misma.

Pruebas de aceptación del aparato.

La Dirección de Obra se reserva el derecho de proceder u ordenar que se proceda a los ensayos siguientes, siempre que lo juzgue útil, durante la duración de las obras. El aparato se ensayará en la obra. El ensayo se efectuará sobre revestimiento seco; el aparato se colocará en el suelo mojado; las conexiones se instalarán normalmente.

1º Ensayo: Longitudes de la Chispa.

2º Ensayo: Ensayo práctico.

3º Ensayo: Autonomía.

2.1.6. Pruebas de Presión.

2.1.6.1. Alcance.

Esta especificación define los requerimientos mínimos para las pruebas de presión que se deben realizar en el taller y/o en campo de equipos y tuberías.

Asimismo describe los que se requiere y el modo de ejecutar las pruebas por el Fabricante antes de la terminación del montaje en el campo. Después de la satisfactoria realización de las pruebas, se emitirá un certificado específico de aceptación de estas pruebas.

La aceptación de sistemas de tuberías sometidas a esta especificación incluye solamente la aprobación de la estanqueidad a presión.

El término "Tuberías" tal como es utilizado aquí, incluye tubos, accesorios, válvulas y demás elementos asociados, instrumentos y aparatos de seguridad no están incluidos.



2.1.6.2. Contenido.

De acuerdo con los puntos anteriores, el Contratista proporcionará las diversas tuberías, indicadores de presión, accesorios, bombas de prueba o compresores, bridas ciegas, válvulas, etc., necesarios para proveer el adecuado equipo de prueba. Todos estos materiales se desmontarán una vez llevadas a cabo las pruebas, a menos que figure en los planos como parte del trabajo terminado. Suministrará igualmente, todas las tuberías o mangueras desde la fuente de agua hasta el punto de conexión de la prueba.

Además, suministrará todos los filtros necesarios para proteger durante la prueba el equipo rotativo, instrumentos, etc.

Proporcionará equipos de personal de prueba especializado, de número adecuado, equipados con herramienta manual suficiente y apropiada para manejar adecuadamente las operaciones de prueba. La Dirección de la Obra determinará la suficiencia de todos los equipos usados por los equipos de pruebas.

Será responsable, igualmente, del vaciado de agua utilizada en la prueba y de realizar todo el sistema de tuberías y/o equipos. Donde sean necesarias zanjas o líneas temporales para zanjas, el Contratista será el encargado de proporcionarlas. Después de su utilización estas zanjas o líneas se eliminarán dejando el área en su condición original o igual.

2.1.7. Detalle de las pruebas de presión.

2.1.7.1. Pruebas para equipos.

Todos los recipientes, fabricados en campo o taller, se someterán a una prueba hidrostática en campo en su posición definitiva y la prueba será certificada de acuerdo con los requerimientos de los Códigos Nacionales aplicables.

2.1.7.2. Pruebas para tuberías.

- General

La realización de las pruebas de tuberías y equipos estará de acuerdo en el sistema básico con preferencia a los ensayos de líneas individuales o componentes únicos de un sistema.



- Hidráulicas

Cada válvula será probada hidrostáticamente en taller a presión a satisfacción de la Dirección de la Obra. La prueba de válvulas no excederá de 20 minutos.

Después que todas las válvulas hayan sido probadas en taller, el sistema entero soportará la presión especificada durante el período de 2 horas.

La línea completa o una sección de la línea que contenga varias válvulas y ramas, puede ser probada hidrostáticamente a un tiempo. La duración de la prueba no excederá de 2 horas. La Dirección de la Obra, fijará la duración de las pruebas en lo suficiente sólo para inspeccionar la línea y convencerse de que no existen pérdidas.

- Neumáticas

Las pruebas neumáticas sólo se utilizarán como última alternativa. Se utilizarán procedimientos cuidadosamente planeados y supervisados, como protección contra los riesgos debidos a la energía latente de gases comprimidos.

▪ *Prueba de baja presión máxima de 1 kg/cm² abs*

Antes de proceder a la prueba sea en taller o "in situ", se llevará a cabo una inspección visual a todo lo largo de la línea para defectos, tales como materiales defectuosos, instalación escasa de empaquetadoras, juntas sueltas, etc. Todos los pernos deberán ser ajustados.

Todas las juntas embridadas se taparán utilizando una adecuada cinta de papel adhesivo forrado, con un pequeño agujero de ventilación punzonado en la tapa. La tapa se aplicará con mucho cuidado para asegurar un sellado estanco al aire, alrededor totalmente de ambas bridas.

Se aplicará agua jabonosa hecha de jabón suave o un fluido comercial para prueba de burbuja a cada orificio de venteo para juntas embridadas y a cada junta atornillada o soldada en todo el perímetro.



La primera comprobación de fugas se hace a una presión máxima absoluta de 0,3 kg/cm². Todas las fugas detectables se eliminarán antes de proceder a la prueba. La prueba de fugas se puede repetir a presiones más altas que no excedan de 1 kg/cm² abs.

▪ ***Prueba de alta presión por encima de 1 kg/cm² abs***

Se requieren precauciones especiales (procedimientos de seguridad) definidas en el apartado "detalles de las pruebas" que aparece posteriormente.

Las juntas no deben ser tapadas para esta prueba. Todo el personal se mantendrá alejado del área inmediata, mientras que la presión de prueba se va aumentando.

La presión se aumentará lenta y escalonadamente en incremento de no más de 20% de la máxima presión de prueba (incrementos de 1 kg/cm² aceptables para presiones de prueba por encima de 5 kg/cm²).

Se harán descansos de 5 minutos, como mínimo, a cada incremento para permitir la inspección e igualación de tensión. El detector de fugas utilizado será del tipo ultrasónico. Si hay evidencia de fugas, la presión se reducirá, como mínimo, en un 20% a lo requerido para la localización y corrección de cualquier fuga detectada.

La prueba continuará escalonadamente hasta que la presión final de prueba sea alcanzada y sea mantenida 10 minutos, como mínimo, sin evidencia de fugas.

El detector ultrasónico de fugas se utilizará para detectar fugas en todas las soldaduras, costuras, juntas y otras áreas de posibles fugas. El detector deberá ser aprobado por la Dirección de Obra.

Esta prueba se realizará dando presión a los sistemas que han de ser probados a 1 kg/cm² por medio de una fuente de aire comprimido. La presión se mantendrá a 1 kg/cm² hasta que la prueba se haya completado. Esta prueba se puede llevar a cabo a presiones por encima de 1 kg/cm² si se observan procedimientos de seguridad expuestos en el apartado "detalle de las pruebas".



CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

- Pruebas para válvulas

Todas las válvulas serán inspeccionadas.

Las válvulas serán probadas en el taller del Fabricante, según indique la norma que aplique en cada caso.

Las válvulas que se suministren serán probadas como sigue:

- Cuerpo (prueba hidrostática): 1.5 P
- Asiento (prueba hidrostática): 1.0 P

[donde P = presión de diseño ajustada a 8°C].

Las válvulas de acero inoxidable serán probadas con agua potable con un contenido en cloruros no mayor de 30 ppm. y evitar así la posibilidad de corrosión bajo tensiones.

Las válvulas serán secadas inmediatamente después de la prueba.

Las válvulas se presentarán a inspección sin pintar.

- Detalles de las pruebas

Todas las válvulas del sistema estarán en posición abierta al ser comprobadas. Debe asegurarse de que todas las válvulas de control se encuentran abiertas.

La válvula de cierre en la zona de instrumentos en línea de proceso y equipo estarán cerradas y los instrumentos desconectados.

Se deberán aislar eficazmente los equipos de circuito que no se vayan a probar hidrostáticamente y asegurar su aislamiento.

Las válvulas de seguridad y alivio serán bloqueadas en la brida de entrada. Las válvulas de seguridad y alivio que sean roscadas se desmontarán y reemplazarán por tapones.

Se dejarán sin pintura y aislamiento todas las bridas, uniones roscadas y soldaduras efectuadas en campo. Se dejarán expuestas, donde las hubiese, todas las uniones de tubería enterrada, salvo las que están dentro de un anclaje. Las líneas enterradas serán adecuadamente fijadas y ancladas a fin de evitar deformaciones de juntas.



CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

Se desconectarán los instrumentos neumáticos y controles de aire durante el soplado.

Se harán las pruebas de fugas en bandejas antes de la prueba de presión.

Se deben seguir los siguientes procedimientos durante la prueba a presión.

- El medio líquido a utilizar en la prueba hidrostática estará limpio. La presión de prueba se aplicará cuando el recipiente y sus elementos estén a la misma temperatura.
- El medio líquido estará a la temperatura de acuerdo con los Códigos de diseño de los recipientes.
- Deben estar las soldaduras acabadas, los soportes y muelles colocados en las tuberías antes de la prueba a presión. Si esto es imposible, la soldadura efectuada después de la prueba a presión será cuidadosamente supervisada y a continuación inspeccionada hasta su finalización.
- Los recipientes ensayados, ya en el taller o en la obra, pueden a opinión de la Dirección de la Obra, ser reensayados simultáneamente con la conexión de tubería.
- Durante la realización de este nuevo ensayo, la presión de prueba jamás excederá de la mayor presión admisible de la presión del recipiente.
- Cuando un recipiente se haya aislado durante la prueba hidrostática de la tubería, no será necesario probar a presión las uniones de los cambiadores o recipientes una vez eliminado el disco ciego.
- No se harán pruebas a presión en campo, de bombas, compresores y soplantes.
- La tubería y equipos serán venteados antes de la prueba a presión hidrostática para la eliminación de las bolsas de aire.
- Las lecturas de las presiones de prueba se pueden tomar en el punto más bajo del circuito. La altura de la columna se restará de la presión mínima exigida.
- Los indicadores de presión serán de una capacidad de escala apropiada para la presión, teniendo una esfera de lectura de 100 mm de diámetro al menos. La capacidad máxima de presión no excederá 3 veces la presión particular de las pruebas.



CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

Los indicadores se tararán por medio de un indicador estándar proporcionado por la Dirección de Obra.

- Las variaciones de presión y volumen debidas a cambios de temperatura, serán tomadas en cuenta por la Dirección de Obra, determinando si la presión durante las pruebas es satisfactoria. Se pueden hacer comprobaciones visuales de corta duración a presiones intermedias por opción de la Dirección de Obra.
- Se tomarán las precauciones necesarias abriendo venteos o por otros medios para que ningún tramo del sistema en prueba alcance una presión excesivamente elevada en equipos contiguos o tramos de tuberías contiguas.
- Se mantendrá la presión de prueba de un sistema durante el tiempo necesario para inspeccionar todas las uniones. En ningún caso, el tiempo de duración de la prueba será menor de 1 hora por cada 25 mm de espesor del equipo, sin que el tiempo de duración de la prueba sea inferior a 1 hora.
- Si el medio de prueba está sujeto a la expansión térmica durante el período de prueba, será necesario prever el alivio del exceso de presión.
- En tiempo frío, y después de la prueba hidrostática, serán drenadas las tuberías y equipos a fin de evitar daños en caso de congelación.
- No se permite que el flujo de prueba se solidifique caso de que haya tuberías de acero bajo prueba por debajo de 16,6°C. Un procedimiento de seguridad en el trabajo será exigido como protección contra el riesgo de fractura frágil.
- Las pruebas de presión incluirán tanta tubería de instrumentación como sea posible. Allí donde una línea de instrumentación de proceso contenga más de una válvula de bloqueo, todas las válvulas estarán abiertas excepto la más cercana al instrumento.
- La presencia de la Dirección de Obra será necesaria durante el comienzo del llenado de las líneas para las pruebas.
- En las líneas con válvulas de retención, la fuente de presión debe estar aguas arriba de la válvula. Si esto es imposible se desmontará la clapeta de la válvula de retención.



CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

- Las líneas reparadas por soldadura, se volverán a ensayar. Cuando la Dirección de Obra lo permita las juntas soldadas en tuberías, después de la prueba hidrostática, serán radiografiadas al 100% o reprobadas hidrostáticamente.
- Todos los instrumentos y equipo especial similar deben estar protegidos contra la sobrepresión durante el limpiado y pruebas, desconectando la tubería entre las válvulas de bloqueo cerradas y los instrumentos. Los reguladores accionados directamente o independientes deben ser desmontados o bloqueados y venteados. Deben tomarse especial cuidado en la protección de dispositivos accionados por flotador de manera que el flotador no experimente una rotura por presión.
- El Adjudicatario presentará un procedimiento de seguridad en el trabajo por escrito para su aprobación por la Dirección de Obra, dando una clara prioridad a las pruebas de tipo neumático y de tipo ultrasónico en el caso que la presión de las pruebas supere 1 kg/cm^2 absoluto. El procedimiento recogerá un mínimo de los siguientes apartados: inspección visual preprueba, áreas de desmontaje y lista de tiempos, comprendiendo asesoramiento del personal en imprevistos.
- Cualquier líquido no peligroso a cualquier temperatura se puede utilizar para la prueba hidrostática si se emplea por debajo de su punto de ebullición. Se recomienda que la temperatura del líquido no sea menor de $15,6^\circ\text{C}$ Para recipientes de acero en los que no se ha estudiado la resistencia a la fractura frágil a baja temperatura, la temperatura de ensayo a 15°C es útil con el fin de minimizar los riesgos de fractura durante las pruebas hidrostáticas neumáticas.
- Durante la prueba hidrostática, el Adjudicatario deberá tomar las debidas precauciones para evitar el riesgo de fractura frágil.
- El conjunto de pruebas de presión de tuberías y equipos serán realizados de acuerdo con los procedimientos anteriores y con los Códigos Españoles aplicables. El Adjudicatario será responsable de que todas las secciones y especificaciones afectadas sean aplicables.



CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

- El Adjudicatario se responsabilizará de las tuberías de venteo y recipientes durante las pruebas, y después de las pruebas, durante el drenaje como seguridad contra su rotura por vacío.
- El Adjudicatario será responsable de todo daño resultante de las presiones de prueba mayores de un 10% que las especificadas por la Dirección de la Obra. Una válvula de seguridad, válvula de alivio, puede ser usada en la fuente de presión para proteger los sistemas durante la prueba. El equipo de personal de prueba se responsabilizará del venteo de todas las secciones del sistema de tuberías y recipientes que no estén sometidos bajo pruebas directas, con el fin de evitar sobrepresión en alguna parte del sistema a través de fugas en las válvulas o exceso de flujo.
- Un esfuerzo de la válvula al tratar de encajarla puede ser la causa de rechazo de la válvula por la Dirección de la Obra.
- El desmontaje de juntas para insertar bridas ciegas para las pruebas hidrostáticas, se evitará siempre que sea posible.
- Una vez llevadas a cabo las pruebas se desmontarán todas las bridas ciegas, obturadores, tapas, etc., utilizadas para aislar recipientes, instrumentos, etc., las bridas, caras y roscas inspeccionadas por daños y vueltas a conectar a la tubería. Las compaquetaduras desmontadas después de las pruebas no se volverán a usar. Se exige un especial cuidado al volver a conectar estos puntos con el fin de evitar fugas.
- Repetición de pruebas. En el caso de que un sistema de tuberías o alguna parte no llegue a pasar las pruebas prescritas, se aplicará una nueva prueba después que se hayan hecho las reparaciones y correcciones pertinentes. Esta repetición de pruebas incluirá todas las partes de un sistema conectado que puede haber pasado previamente una prueba pero que, en la opinión de la Dirección de Obra, puede estar afectada por las correcciones hechas o por el retraso correspondiente a las correcciones.



2.1.8. Ensayos de nivel de ruido.

- Posiciones de medida

Están indicadas para cada tipo de equipo en la correspondiente especificación técnica individual.

- Magnitudes que deben medirse

Para cada una de las posiciones de medida, deberá anotarse el nivel de presión sonora SPL en dB para cada una de las bandas de octava internacionales (63, 125, 250, 500, 1K, 2K, 4K y 8K, (Hz)) y el nivel de presión sonora SPL global en dB (a).

- Instrumentación

Para todas las lecturas se empleará un sonómetro de precisión que cumpla con la publicación 170 del IBC o con la Norma BS 4192, acoplado con un filtro de bandas de octava que cumpla con la publicación 255 del ISO o con la Norma BS 2475.

El aparato de medida, deberá ser calibrado antes y después de realizar las lecturas, debiéndose repetir cuando se detecte que se han producido alteraciones sensibles en el nivel de referencia utilizado en la calibración.

Todas las lecturas se tomarán con el sonómetro en posición de respuesta lenta.

- Características del banco de pruebas

Las condiciones en las que se realicen las pruebas, se aproximarán lo más posible a las del equipo una vez instalado y funcionando a plena carga.

El suelo del lugar donde se realicen las pruebas será de material reflectante, como por ejemplo hormigón; no se colocará ningún material absorbente sobre el suelo o en los alrededores del equipo. Las paredes del local y otras superficies reflectantes se situarán a la mayor distancia posible del equipo sometido a prueba.

Si el equipo sometido a prueba necesita un accionamiento para poder funcionar, el equipo de accionamiento y el sistema de acoplamiento deberá aislarse para evitar que el nivel de ruido producido por ambos incida en las lecturas realizadas alrededor del equipo accionado.

Si el equipo o carga sometido a prueba es accionado por un motor eléctrico, el motor puede



CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

aislarse acústicamente, construyendo una cubierta silenciadora que se instalará lo más cerca posible de la carcasa del motor, sin impedir una adecuada refrigeración del mismo.

Si el equipo sometido a prueba es un equipo que acciona una carga, dicha carga y el sistema de acoplamiento deberán aislarse acústicamente para evitar que el nivel de ruido producido por ambos incida en las lecturas realizadas alrededor del equipo de accionamiento.

Cuando el equipo de accionamiento, la carga accionada y el sistema de acoplamiento formen un conjunto, no es necesario realizar pruebas por separado a cada una de las partes integrantes del conjunto aislando el resto, sino que pueden tomarse lecturas alrededor del grupo funcionando.

- Corrección por nivel de ruido ambiente

El nivel de presión sonora ambiente en cada una de las posiciones de medida deberá ser 10 dB menor que el nivel resultante medido cuando el equipo esté funcionando. Si la diferencia entre los niveles citados se encuentra entre 3 y 10 dB, se establecerá una corrección. Finalmente, si la diferencia es menor de 3 dB, el local de las pruebas no resulta adecuado por existir excesivo ruido ambiente.

VI.3. PRUEBAS Y ENSAYOS PARA LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS EN FÁBRICA.

3.1. Condiciones generales.

Los mecanismos y aparatos eléctricos que se empleen en la obra se comprobarán en fábrica y una vez instalados para poder proceder si su funcionamiento es correcto conforme a las especificaciones que se exijan de ellos en su documento de Prescripciones Técnicas Particulares.

3.1.1. Pruebas en fábrica de los motores.

Cada motor recibirá una prueba rutinaria de fábrica para asegurar que está libre de defectos eléctricos y/o mecánicos y cumple las características ofertadas. Estas pruebas consistirán en lo siguiente:

- Ensayo en vacío a tensión variable hasta el 120% de la nominal. Elaboración de curvas características en vacío, de potencia e intensidad en función de la tensión.



CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

- Comprobación del juego axial permitido. Comprobación del centrado magnético con el motor en vacío.
- Medida de vibraciones con el motor en vacío. Esta medida se realizará sobre bancada rígida y con media chaveta rellenando el chavetero.
- Inspección de los cojinetes, midiendo su temperatura con el motor en vacío.
- Determinación del deslizamiento en vacío.
- Ensayo de cortocircuito para una intensidad en el estator de 50%, 75% y 100% de la nominal.
- Determinación de la corriente de rotor bloqueado.
- Ensayo dieléctrico según UNE 20.113-73 TABLA VIII.
- Medida a la resistencia de aislamiento.
- Secuencia de fases. Sentido de giro.
- Medida de la resistencia eléctrica de los bobinados a la temperatura ambiente.
- Comprobación dimensional incluyendo la posición de la caja de bornas.
- Medida de la resistencia de aislamiento y de continuidad en los elementos calefactores.
- Comprobación de los datos obtenidos con los que aparecen en la placa de características y en las hojas de datos.

Se realizarán además de las pruebas rutinarias anteriores las siguientes:

- Ensayo de calentamiento a plena carga, según UNE 20.113.
- Medida de vibraciones con el motor en carga. Esta medida se realizará sobre bancada rígida y con media chaveta rellenando el chavetero.
- Inspección de cojinetes midiendo su temperatura con el motor en carga.
- Determinación del calentamiento según UNE 20.113.
- Determinación al 50%, 75%, 100% y 115% de la carga nominal del rendimiento.
- Ídem del factor de potencia.
- Ídem deslizamiento.
- Ensayo de sobrevelocidad al 120% de la velocidad nominal durante dos minutos.
- Determinación del par de arranque y par próximo.
- Comprobación de los valores obtenidos con los que aparecen en la placa de características y en las hojas de datos.



3.1.2. Pruebas de fábrica de los cuadros de baja tensión.

Los cuadros serán ensayados en fábrica de acuerdo con las normas aplicables. Para el ensayo, el cuadro estará en el taller montando mecánica y eléctricamente.

Como mínimo, los ensayos constarán de:

- Medida de aislamiento de las barras principales.
- Ensayo de rigidez dieléctrica de las barras principales, de acuerdo con las recomendaciones de I.E.C.
- Medida de aislamiento después del ensayo.
- Medida de aislamiento de embarrados de 380 V c.a.
- Ensayo de rigidez dieléctrica en dichos embarrados.
- Medida de aislamiento después del ensayo.
- Ensayo de funcionamiento de cada una de las celdas simulando, en los bornes de entrada las acciones de disparo, señalización, etc. Procedentes del exterior.
- Inspección visual de cada departamento, comprobando que sus componentes coinciden con los detallados en la lista de materiales, la accesibilidad de los mismos y contrastando con el plano de cableado, la identificación de componentes, cables y bornas, así como que el conexionado coincida totalmente con dicho plano.

3.1.3. Inspección y pruebas de fábrica de los paneles de control.

Todas las líneas de aire serán probadas adecuadamente para detectar fugas con solución jabonosa.

Todos los circuitos eléctricos comprobados en cuanto a roturas y operación.

Todas las placas comprobadas para un adecuado deletreo, tamaño de letras y posición adecuada.

Cualquier prueba necesaria para dejar el panel en condiciones de trabajo.

Es responsabilidad del fabricante suministrar todos los elementos de prueba y energía suficiente para llevar a cabo aquellos que indique la Dirección de la Obra.



Se inspeccionará el bastidor, los soportes, los rigidizadores, etc. a fin de que no interfieran con las conexiones de los instrumentos o el acceso necesario para su mantenimiento o ajuste.

3.1.4. Inspección de equipos eléctricos diversos.

- Cables eléctricos

Comprobar los certificados de pruebas de resistencia, potencia eléctrica, potencia dieléctrica y aislamiento dieléctrico.

Comprobar que corresponden al tipo DN-0,6/1 kV según la norma UNE 21.026.

Inspección dimensional y visual.

- Material eléctrico diverso

Identificar todos los materiales con los certificados del Fabricante y comprobación de las Normas UNE y/o DIN correspondientes.

Inspección dimensional y visual.

- Material de alumbrado

Comprobar los certificados de pruebas de protección.

Control visual y dimensional.

VI.4. PRUEBAS Y ENSAYOS DE EQUIPOS ELÉCTRICOS EN OBRA.

4.1. Condiciones generales.

Antes de la puesta en servicio del sistema eléctrico, el Contratista realizara los ensayos adecuados para probar, a la entera satisfacción del Director de Obra, que todo el equipo, aparatos y cableado han sido correctamente instalados de acuerdo con los planos y especificaciones y están en condiciones satisfactorias de operación.



CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

En general, además de los ensayos eléctricos propiamente dichos, se realizara una inspección visual de los equipos comprobando vibraciones, calentamientos excesivos, defectos mecánicos de los materiales, etc.

Todas las pruebas deben ser realizadas en presencia del Director de Obra o de su representante. Se tomara nota de todas las pruebas e inspecciones, con datos completos de las lecturas tomadas.

El adjudicatario pondrá a disposición de la Dirección de Obra el personal necesario para ayudarle en la comprobación de la buena ejecución del trabajo y en la realización de las pruebas.

4.2. Aparatos y procedimientos generales.

El Adjudicatario estará provisto de los equipos necesarios para los ensayos y será responsable de la calibración de los equipos de ensayo, chequeo de cables del cableado de la planta y cualquier otro trabajo preliminar en preparación para las pruebas de aceptación eléctrica.

Para realizar las pruebas normales serán necesarios los siguientes aparatos y procedimientos:

- Equipos normales de pruebas (voltímetro, amperímetro, ohmiómetro, fasímetro, hidrómetro, y cronometro).
- Megger de 500 V para la medida de resistencias de aislamiento en sistemas de 600 V y menores.
- Megger de 5.000 V para la medida de resistencias de aislamiento en sistemas de 600 V y menores.
- Termómetro de mercurio o electrónico para la medición de temperatura.
- Telurómetro de mercurio o electrónico para la medición de temperatura.
- Telurómetro para la medida de la resistencia de puesta a tierra, transformadores de intensidad, etc.
- Equipo para prueba en corriente continua de cable.



4.3. Instalaciones probadas.

4.3.1. Puesta a tierra.

Se medirá la tierra de cada pica. En cada puente de prueba se indicara el valor de la resistencia de puesta a tierra. De cada equipo con puesta a tierra se medirá la continuidad de la puesta a tierra del conjunto.

4.3.2. Cable.

Antes de comenzar los ensayos, asegurarse que las terminales de los cables estén libres y aislados para que no puedan dañar otros instrumentos o aparatos.

Se preparara un protocolo de pruebas donde se irán anotando los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos que se realice a cada cable desde que se tienda en la zanja hasta su puesta en marcha. En dicho protocolo cada cable estará identificado por su denominación en la lista de cables, se reflejara su sección, tipo de cable, número de conductores y la longitud tirada en metros.

Ensayos a realizar sobre cada cable después de tirado y antes de taparlo con arena en la zanja o antes de graparlo con la cinta definitiva a la bandeja, pero antes de conexionar ambos extremos:

- Comprobación de la continuidad de los conductores.
- Comprobación de la continuidad de la armadura y tubo de plomo.
- Medida de la resistencia de aislamiento con Megger. Si el cable es de 6/10kV la tensión de prueba será de 1.000 V. Esta resistencia de aislamiento se medirá entre conductores y entre cada conductor y la armadura y tubo de plomo si lo tiene.
- Comprobación de que la identificación es correcta y está realizada de acuerdo con la especificación.
- Los cables o accesorios que fallen durante el ensayo deberán replantearse de acuerdo con la especificación.

Ensayos a realizar sobre cada cable después de conectado en ambos extremos e inmediatamente antes de dar tensión.



CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

- Comprobación de la continuidad de los conductores.
- Medida de la resistencia de aislamiento entre conductores y entre cada conductor y la armadura y tubo de plomo, si lo tiene, con el equipo desconectado.
- Medida de resistencia de aislamiento con el equipo eléctrico de campo conectado.

A partir de la fecha de realización de los ensayos realizados sobre cada cable después de tirado, cada vez que se cumpla un periodo trimestral sin dar tensión de cable se repetirán los siguientes ensayos:

- Comprobación de continuidad de los conductores.
- Medida de la resistencia de aislamiento entre conductores y entre cada conductor y armadura y tubo de plomo si lo tiene.

4.3.3. Transformador de potencia.

Inmediatamente a la terminación del montaje de los transformadores, se procederá a la medida de continuidad, a los arrollamientos y de la resistencia de aislamiento entre fases si es posible y entre fases y carcasa.

Igualmente, se medirá la resistencia de aislamiento de los circuitos eléctricos auxiliares, tales como ventilación forzada, medida y protección, regulación de carga, etc.

Ensayos a realizar antes de la puesta en servicio de cada transformador:

- Comprobación de continuidad en los cables de alimentación y salida.
- Medida de la resistencia de aislamiento en dichos cables y en los devanadores del transformador.
- Medida de la resistencia de aislamiento en los circuitos eléctricos auxiliares como puede ser ventilación forzada, medida y protección, regulación en carga, etc.
- Comprobación de que el conexionado principal y auxiliar coincidan con los planos aprobados para construcción.
- Comprobación de que el conmutador de tensión se encuentre en la posición adecuada a la tensión de la red.
- Medida de la rigidez dieléctrica aislante en transformadores.
- Verificar que la puesta a tierra del transformador es correcta.



- Puesta en servicio del transformador.
- Comprobación de que las lecturas del voltímetro son correctas, en caso contrario actuar sobre el conmutador de tensión en vacío.

4.3.4. Cuadros de distribución de fuerza.

Medida de la resistencia de aislamiento del embarrado principal, de los auxiliares y de los circuitos de maniobra, protección y medida de cada celda o cubículo. Para ello habrá que desconectar aquellos aparatos que puedan resultar afectados o puedan falsear la medida.

Verificación de que la puesta a tierra es correcta.

Sobre cada cubículo o celda, comprobación de que el conexionado de los cables procedentes de campo, o de otros cuadros, están realizados e identificados de acuerdo con los planos aprobados para construcción.

Colocando el contacto o interruptor en la posición de prueba, comprobación desde la botonera en campo de que la actuación es correcta. Si existe algún elemento en campo de protección o arranque automático, comprobación del correcto funcionamiento actuando sobre los elementos primarios. Comprobación del funcionamiento de todas las protecciones (relés de protección, fusibles, manetas en el frente y alarmas). Comprobación de transferencias manuales y automáticas.

Tarado de los relés de protección a los valores indicados en los planos de coordinación de relés.

El tarado de los circuitos amperimétricos se realizara aplicando una intensidad apropiada en los primarios de los transformadores de medida de intensidad. Se verificaran dos puntos de la curva de actuación de cada relé.

Los relés vendrán montados en el cuadro del fabricante y no podrán ser sacados de su caja sin la autorización de la Dirección de Obra.

Se asegurara que el fusible y relé térmico de cada motor ha sido calibrado para su intensidad nominal.



Medida de aislamiento y continuidad en los cables de acometida al cuadro.

Puesta en servicio del cuadro. Comprobación de las indicaciones y señalizaciones.

4.3.5. Cuadros de alumbrado, servicios auxiliares, control y mando de relés auxiliares.

Medida de la resistencia de aislamiento del embarrado principal, de los auxiliares y de los circuitos de maniobra, protección y medida de cada celda o cubículo. Para ello habrá de desconectar aquellos aparatos que puedan resultar afectados o puedan falsear la medida.

Verificación de que la puesta a tierra es correcta.

Sobre cada sección o celda, comprobación de que el conexionado de los cables procedentes de campo o de otros cuadros están realizados o identificados de acuerdo con los planos aprobados para su construcción.

Comprobación del funcionamiento de todas las protecciones (relés de protección, fusibles, manetas en el frente y alarmas).

Comprobación del funcionamiento del cuadro.

Tarado de protección a los valores indicados en los planos de coordinación de relés.

El tarado de los circuitos amperimétricos se realizara aplicando una intensidad apropiada para los primarios de los transformadores de medida de intensidad.

Medida de aislamiento y continuidad en los cables de acometida al cuadro.

Puesta en servicio del cuadro, comprobación de las indicaciones y señalizaciones.

4.3.6. Circuitos de alumbrado, enchufes alumbrado de emergencia, iluminación de niveles.

Medida de la resistencia de aislamiento de cada circuito. Para ello se retiraran las lámparas.

Comprobación de que la identificación de los cables cajas de derivación y luminarias, enchufes o niveles e interruptores locales corresponde con la reflejada en los planos aprobados para construcción.



CAPÍTULO VI. PRUEBAS Y ENSAYOS.

Comprobación de la correcta conexión a tierra de todos los elementos de la instalación.

Puesta en servicio. Comprobación de la presencia de tensión en cada uno de los enchufes. Comprobación del funcionamiento de los interruptores locales. Medida de la intensidad en cada circuito, comprobando que las cargas estén equilibradas.

Contratación de la intensidad medida con el calibre de los interruptores automáticos.

Prueba de funcionamiento de los interruptores diferenciales introduciendo una carga entre cada fase y tierra.

4.3.7. Condensadores.

Se comprobara e inspeccionara, como mínimo, los siguientes puntos:

1. La tensión nominal de fuerza y medida de la tensión de terminales.
2. Medida de la resistencia de aislamiento entre los terminales y tierra. Ídem de los cables de acometida.
3. Inspección de la conexión del equipo a la red de tierra.
4. Características de los fusibles, resistencias de descarga, otros sistemas de protección, etc.

4.3.8. Ensayos de motores.

Antes de meter tensión a una maquina se deberá comprobar que puede rodar libremente, que tiene los rodamientos debidamente engrasados, que los ejes están alineados, que las correas de transmisión están en condiciones, etc.

Si la maquina tiene sistemas de protección especiales como termopares, resistencias de calefacción, alarmas, panel de control, etc. se comprobara su correcto funcionamiento, tanto mecánica como eléctricamente, simulando todas las operaciones.

Arrancar el motor desacoplado y comprobar el sentido de giro con el requerido de la maquina accionada. Todos los motores se pondrán en marcha desacoplados por un periodo mínimo de 4 horas.



Durante el rodaje de la maquina se comprobara que las vibraciones, nivel de ruidos, calentamientos, humos, etc., están por debajo de los valores exigidos y se contrastara con los obtenidos en el ensayo en fabrica.

Arrancar el motor acoplado con la unidad accionada en vacío. Comprobando el número de segundos requeridos para alcanzar la velocidad plena.

4.3.9. Sistema de comunicaciones.

Medida de aislamiento de todo el sistema de comunicaciones, teléfonos de dial, sirena de alarma, etc. Se comprobara que funcionen correctamente.

4.3.10. Caída de tensión.

Se comprobara que la caída de tensión no exceda del tres por ciento (3%) de la tensión nominal en ningún punto de la instalación de fuerza y del tres por ciento (3%) en las de alumbrado.

4.3.11. Lámparas de vapor de mercurio color corregido y lámparas de sodio.

Pasadas 100 horas de funcionamiento se medirá el flujo lumínico de una muestra igual al cinco por ciento (5%) del total de lámparas de una misma potencia y clases elegidas por la Dirección de la Obra. Si la media del flujo es inferior al establecido en las características de las lámparas se desechara la partida total, siendo repuesta por el Contratista.

Asimismo, se tomara otra muestra idéntica a la cuatro mil quinientas (4.500) horas de funcionamiento, y si la partida de flujo medio de esta muestra es superior al veinte por ciento (20%) del establecido en las características, toda la partida será sustituida por cuenta del Contratista.

4.3.12. Medición del factor de potencia.

Una vez puestos en servicio los condensadores de la instalación de alumbrado, se procederá a comprobar su eficacia mediante la medición del factor de potencia de dicha instalación.



Cortada la alimentación de las restantes líneas y con el alumbrado general, dicho factor no será inferior a cero noventa y cinco (0,95).

4.4. Pruebas de recepción.

Antes de la recepción definitiva de la obra, el Propietario podrá realizar las pruebas siguientes:

4.4.1. Caídas de tensión.

En las acometidas generales, derivaciones individuales, líneas parciales o cualquier otro punto que se considere oportuno se medirá la tensión en el arranque y al final de las mismas, cuando la carga sea la máxima prevista en cada caso.

La caída máxima de tensión no será superior a las previstas en cada caso en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, o las especificadas en la Propuesta Técnica que en ningún caso contradecirán al citado Reglamento.

La medida de aislamiento deberá cumplir lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

4.4.2. Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se comprobará que la intensidad nominal de los interruptores magnetotérmicos y cartuchos fusibles, no supera en 1,2 veces, como máximo, el valor de la intensidad de servicio admisible en el conductor protegido, constatando el correcto funcionamiento de los P.I.A.S. e interruptores con dispositivo diferencial.

4.4.3. Conexiones.

Se comprobará que la conexión de los conductores entre sí y de éstos con los aparatos, están realizados correctamente y que no se producen calentamientos anormales, verificándose el deslizamiento de los conductores en tubos de protección entre dos cajas.



4.4.4. Resistencia de tierra.

Antes de la puesta en funcionamiento de la instalación se procederá a:

- Verificar la eficacia de la instalación de tierra partiendo de los electrodos, controlando la ejecución de los empalmes.
- Asegurarse de que todas las tuercas y tornillos estén apretados a fondo y, en especial, de que los materiales utilizados no pueden dar lugar a fenómenos de corrosión.
- Controlar la sección de los conductores de tierra y protección, verificando la continuidad del protector de tierra.
- Medir el valor de la resistencia de tierra, controlando si están coordinadas con los dispositivos de intervención diferencial.
- Llevar a cabo si fuera preciso, la medida de las tensiones de contacto y de paso.

4.4.5. Equilibrio entre fases.

Se medirán las intensidades en cada una de las fases de las líneas que se quieren comprobar, estando toda la carga conectada en cada caso. Se tratará de lograr el máximo equilibrio posible entre fases de cada uno de los circuitos.

4.4.6. Factor de potencia.

Se medirá el factor de potencia en las acometidas generales de B.T a plena carga. El valor de dicha medición no deberá ser inferior al previsto en esta Propuesta Técnica ($\cos \varphi = 0,95$).

4.4.7. Otros ensayos.

El Director de Obra podrá realizar los ensayos y mediciones que estime necesarios o convenientes para la determinación de la calidad característica y estado de cualquier material, pudiendo ser rechazados si los resultados del ensayo en Laboratorio Oficial no fuesen satisfactorios.



VI.5. PRUEBAS HIDRAÚLICAS EN OBRA.

Se comprobará el cumplimiento en cuanto a la capacidad hidráulica de cada unidad de tratamiento.

Se comprobarán las líneas piezométricas resultantes para los caudales estabilizados máximos, normales y mínimos, y sus desviaciones estarán dentro de los límites que el Concursante haya fijado en su Proyecto de Licitación.

- Pruebas

Son las verificaciones que el Contratista, de acuerdo con lo definido en este documento y siguiendo órdenes de la Dirección de la Obra, se compromete a realizar a su costa en la Fábrica, el taller o en la obra, para demostrar las características de sus equipos y los rendimientos del proceso ofertado.

- Documentación de pruebas a aportar por el Concursante

El Concursante está obligado a presentar la normativa para la realización de las pruebas, ensayos y verificaciones de los materiales y unidades de obra. Asimismo presentará la documentación correspondiente para los equipos.

- Protocolo de pruebas

El conjunto de normas, especificaciones y documentación complementaria sobre las máquinas, equipos e instalaciones, así como sobre los sistemas de medida, mando y control inclusive, sobre el proceso de depuración del agua y la respuesta hidráulica de la Planta, formarán un sólo documento que servirá de base a las pruebas, ensayos y verificaciones a desarrollar.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS DOCUMENTALES



CAPÍTULO VII. REFERENCIAS DOCUMENTALES.

- *Anuario estadístico C. A. Región de Murcia 2002.*
- BATANERO BERNABEU, José Genaro (2007). *Dimensionamiento de una EDAR. XXV Curso sobre tratamiento de Aguas Residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras.* Tomo 3. Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Fomento. Madrid.
- CATALÁN LAFUENTE, José (1997) *Depuradoras, Bases Científicas.* Librería Técnica Bellisco.
- E.D.A.R. de Ceutí.
- E.D.A.R. de Santomera.
- FERAZ SEGURA, Rosa M^a. *Prevención de riesgos laborales en estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas.*
- FERNÁNDEZ POLANCO, Fernando (2007). *Tratamientos Biológicos Anaerobios y Anaerobios-Aerobios. XXV Curso sobre tratamiento de Aguas Residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras.* Tomo 1. Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Fomento. Madrid.
- GÓMEZ OREA, Domingo. *Evaluación de Impacto Ambiental.* Madrid, Ed. Agrícola Española, SA.
- HERNÁNDEZ MUÑOZ, Aurelio (2001). *Depuración y desinfección de aguas residuales.* 5^a Edición, Edit. Colegio de Ing. de Caminos, Canales y Puertos, Madrid.
- KIELY, Gerard. *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión.*
- MANRIQUE CARREÑO, Carlos y otros. (2005) *Manual de Cálculo Ferrovial Agromán-Cadagua. Dimensionamiento y Explotación de Plantas Depuradoras.* Master Seguridad y Prevención en Riesgos Laborales. Emsemul 2006.
- Mc Graw Hill. *Ingeniería de aguas residuales; Tratamiento, Vertido y Neutralización.*



CAPÍTULO VII. REFERENCIAS DOCUMENTALES.

- MELGAREJO MARTÍNEZ, Francisco Manuel (2008). *PFC Estudio y Diseño de una Estación Depuradora de Aguas (E.D.A.R.) para una población de 60.000 habitantes equivalentes*. Cartagena.
- METCALF & EDDY (2000), *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. Edición: 3ª ed. McGraw-Hill, Madrid.
- ORTEGA DE MIGUEL, Enrique. (2007). *Esquema de una EDAR, Pretratamientos. XXV Curso sobre tratamiento de Aguas Residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras*. Tomo 1. Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Fomento. Madrid.
- RAMALHO, Rubens Sette; Jiménez Beltrán, Domingo; de Lora, Federico (1996) *Tratamiento de aguas residuales*. 2ª Edición, Ed. Reverte, Barcelona.
- SAINZ SASTRE, Juan Antonio 2006. *Módulo Contaminación de las Aguas*, EOI.
- SOBRADOS BERNARDOS, Lucía (2007). *Digestión Anaerobia de fangos. XXV Curso sobre tratamiento de Aguas Residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras*. Tomo 2. Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Fomento. Madrid.
- SOBRADOS BERNARDOS, Lucía (2007). *Producción y Espesamientos de los Fangos. Sistemas de espesamiento. XXV Curso sobre tratamiento de Aguas Residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras*. Tomo 2. Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Fomento. Madrid.



PÁGINAS DE INTERNET:

- www.ambientum.com
- www.consorcioaa.com/cmscaa/opencms/CAA/documentos.nodoCAA
- <http://es.scribd.com/doc/30954650/Planta-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales>
- www.itp-depuracion.com/index.php
- www.magrama.gob.es/es/
- www.miliarium.com/Paginas/Prontu/Tablas/Aguas/ProcesosEDAR.htm
- www.epsar.gva.es/sanejament/instalaciones/buscador-edar.aspx?id_idioma=1
- <http://rodin.uca.es:8081/xmlui/handle/10498/6579>
- www.culturacientifica.org/depuradora/Anejo_21_PLIEGO%20DE%20BASES%20EDAR%2010_04_07.pdf

ANEXO I

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS



INDICE

ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

	PÁGINA
ANEXO I.1. ASPECTOS GENERALES.....	338
1.1. Campo de aplicación.....	338
1.2. Documentos que regirán en la obra.....	338
ANEXO I.2. DEFINICIONES.....	338
ANEXO I.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS.....	341
ANEXO I.4. CONTRATO.....	348
4.1. Forma del contrato.....	348
4.2. Resolución y denuncia del contrato. Sanciones.....	348
4.3. Condiciones particulares y económicas del contrato.....	348
4.4. Revisión de precios.....	349
4.5. Condiciones técnicas del contrato.....	349
4.6. Formalización del contrato.....	349
4.7. Obligaciones sociales y laborales del contratista.....	350
ANEXO I.5. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS QUE REGIRÁN EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRA.....	350
5.1. Comprobación del replanteo.....	350
5.2. Plazo de ejecución de las obras.....	350
5.3. Programa de ejecución de las obras.....	350
5.4. Representación de la administración.....	351



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

5.5. Representación de la contrata.....	351
5.6. Forma de ejecutar las obras.....	352
5.7. Suspensión de las obras.....	354
5.8. Obras y servicios auxiliares.....	354
5.9. Conservación de la obra.....	356
5.10. Aportación de equipo y maquinaria.....	356
5.11. Sanidad y policía de la obra.....	357
5.12. Personal del contratista.....	357
5.13. Daños y perjuicios.....	358
5.14. Órdenes al contratista.....	358
5.15. Periodo de construcción.....	358
5.16. Periodo de puesta a punto.....	359
5.17. Periodo de prueba general de funcionamiento.....	359
5.18. Recepción provisional.....	360
5.19. Periodo de garantía.....	361
5.20. Recepción definitiva.....	362
5.21. Liquidación definitiva.....	362
5.22. Valoración y abono de las obras.....	363
5.23. Facilidades para la inspección.....	365
5.24. Pruebas y ensayos previos a la recepción provisional.....	365
5.25. Gastos de las pruebas.....	366
5.26. Pruebas de rendimiento durante el periodo de garantía.....	366
5.27. Actas de pruebas.....	366



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

5.28. Penalización por incumplimiento de calidades, plazos y rendimientos exigidos.....	367
---	-----

ANEXO I.6. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE REGIRÁN EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE LAS OBRAS.....	368
---	------------

ANEXO I.7. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE DEBERÁN CUMPLIR LOS MATERIALES QUE SE UTILIZARÁN EN LA OBRA CIVIL.....	370
--	------------

7.1. Movimiento, de tierras, drenajes y firmes.....	370
7.2. Cemento, morteros y hormigones.....	372
7.3. Materiales metálicos.....	373
7.4. Materiales para edificios.....	374
7.5. Tuberías.....	378
7.6. Otros materiales.....	384

ANEXO I.8. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE REGIRÁN EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES.....	386
---	------------

8.1. Movimientos de tierras, drenajes y firmes.....	386
8.2. Obras de hormigón.....	390
8.3. Estructuras metálicas.....	393
8.4. Edificación.....	393
8.5. Varios.....	394

ANEXO I.9. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE DEBERÁN CUMPLIR LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS.....	395
--	------------

9.1. Órganos de cierre y regulación de caudal en tuberías y canales.....	395
9.2. Bombas, soplantes y compresores.....	396



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

9.3. Tuberías.....	400
9.4. Instalaciones eléctricas.....	406
9.5. Control de proceso.....	421
9.6. Otras instalaciones.....	423



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

ANEXO I. 1. ASPECTOS GENERALES.

1.1. Campo de aplicación.

El presente Pliego será aplicable a la construcción de la E.D.A.R. de X (Región de Murcia).

1.2. Documentos que regirán en la obra.

La ejecución de la obra se regirá por los siguientes documentos:

- El Proyecto, junto con el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares (PCAP) que rija la licitación.
- El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (PPTP) en lo que no se oponga a los documentos citados anteriormente.

ANEXO I.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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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.



ANEXO I.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 de 5 m de diámetro, 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 y traslado del Filtro rotativo:* se trata de un canal de sección rectangular 0,60 x 0,80 m, con paredes de 0,25 y solera de 0,2 m, de hormigón armado, pendiente de 2‰. Este canal irá situado aguas arriba del tamiz existente en la entrada de agua. La reja automática para desbaste tiene una luz de 10 mm. Tanto la reja como el peine se proyectan de acero inoxidable AISI 316. El accionamiento eléctrico es mediante un motorreductor de 0,56 KW. Los sólidos tamizados por la reja son recogidos en un tornillo transportador con prensa para una capacidad de 1,5 m³/h y una longitud de 5 m. Dicho tornillo está accionado por un motorreductor de 1,5 KW. Se proyecta el traslado del tamiz rotativo existente para cambiar su ubicación en planta de forma que se sitúe dentro del edificio de predesbaste. Para este cambio de ubicación es necesario desviar la entrada de agua en su tramo final, ejecutar los muretes de apoyo del filtro rotativo y proceder al cambio de ubicación del filtro rotativo existente, con el traslado de la cinta transportadora y todas las conexiones de conducciones que conlleva.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *Edificio de predebaste:* se proyecta un edificio de dimensiones interiores 13 m x 27,50 m para la ubicación interior de diversos elementos (entrada de agua bruta, balsa de homogeneización, 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 predebaste. Dicho puente, en su movimiento, arrastra las grasas nadantes hasta que vierten por una conducción a un desnatador situado en el edificio de predebaste, 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:* consiste básicamente en un gran depósito, de base recta con dos semicírculos acoplados, las paredes de hormigón, de 30 cm de espesor, forman canales por donde circula en agua aireándose. El paso del agua de un canal al adyacente se establece mediante un pasamuros cuadrado de 0,40 x 0,40 m de sección situado en el fondo del canal (sobre la losa). En el centro del reactor biológico se sitúa una isla central a la que accede el agua mediante vertedero y que dispone de una compuerta para el caso de vaciado de los tres canales. El equipo de oxigenación/mezclador estará formado por un ORBAL de 98 discos (18 se



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

encuentran en el canal interior, 30 en el canal intermedio y 50 en el canal exterior) movidos por dos motorreductores.

- *Decantador-Secundario*: básicamente es un cilindro de hormigón armado, rematado en la base en un cono del mismo material, y de pendiente 1:9. Tanto el cilindro como la solera tienen de espesor 35 cm. El diámetro interior del cilindro es de 16 m y la altura real de 4,5 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 con una longitud de 8,5 m y un ancho útil de 0,8 m. 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 tanto la recirculación de fangos como el bombeo de fangos en exceso al espesador de fangos.
- *Pozo de bombeo existente*: se sustituyen las dos bombas de fangos en exceso a espesador por dos nuevas bombas debido a diferencia de cota entre el espesador de fangos existente (el cual queda anulado) y el espesador de fangos proyectado.
- *Espesador*: como el anterior es un cilindro rematado en un cono inferior. El cilindro tiene 11,50 m de diámetro interior, las paredes tienen un espesor de 0,3 m, la altura útil es de 4 m. La pendiente del cono es de 1/7. El espesador va cimentado en un macizo de hormigón en masa para alcanzar la cota 102,08 en la lámina de agua. 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 $\varnothing 150$. 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 $\varnothing 150$. Los sobrenadantes se recogen mediante vertedero perimetral en toda la circunferencia del espesador y son conducidos mediante tubería de polietileno $\varnothing 300$ hasta la cabecera del proceso de depuración.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

El espesador de fangos se cubre mediante una cúpula de PRFV de 7 mm de espesor.

- *Deshidratación de fangos y dosificación de polielectrolitos:* 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 m³ de capacidad, formada por un cuerpo de dimensiones 4 x 4 x 0,60 m y un tronco de pirámide inferior, con su correspondiente motorización.
- *Tamiz de agua tratada:* se proyecta un equipo de filtración de discos (tratamiento terciario) con 8 discos filtrantes de 2,10 m de diámetro accionado por un motorreductor de 0,25 KW de potencia. Se aloja en una arqueta de hormigón armado con contraarqueta de vertido y canal de captación. Los fangos recogidos en esta etapa del tratamiento se llevan al espesador de fangos en exceso.
- *Remodelación de la arqueta de presentación de agua tratada:* la arqueta ya existe en la actualidad, pero debido a la situación del nuevo tamiz de agua tratada, debe ser remodelada para adaptarla en cotas. Dicha remodelación consiste en el rebaje del vertedero en 0,45 m para conseguir la pendiente adecuada en las conducciones.
- *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



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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 m³/h, 4.000 m³/h y 1.000 m³/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. Se dispone la plantación de diversos ejemplares de Pinus Halepensis (pino carrasco), así como de Ficus Elástica (ficus de hoja grande) en las zonas no asfaltadas de la parcela.

- *Instalación eléctrica:* las nuevas instalaciones 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



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- 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*: se situarán variadores de frecuencia en dicho bombeo.



ANEXO I.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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

ANEXO I.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:



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- Ordenación en partes o clases de obra de las unidades que integran el proyecto.
- Determinación de los medios necesarios, tales como personal, instalaciones, equipo y materiales, con expresión del volumen de éstos.
- 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.
- 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.
- 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



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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:



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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, aun 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 necesarios serán de 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:

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

- *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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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.

- *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



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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 esta 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:

- 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.
- Diagrama de flujos y esquemas eléctricos completos.
- 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.
- Listado de todos los instrumentos de medición con indicación de su marca, rango, lugar de instalación, etc.
- 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.
- 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 aun 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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

- *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.

▪ *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



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

oferta sobre el Cuadro de Precios de la misma, si las hubiere, obteniendo así la relación valorada mensual.

- *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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

- *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.

- *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.

- *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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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.

ANEXO I.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).



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- 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.



ANEXO I.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.

- 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.

- Drenes subterráneos

Los tubos empleados en drenaje general del terreno deberán cumplir las condiciones establecidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

- Cunetas

El hormigón para cunetas ejecutadas en obra cumplirá las condiciones establecidas a los hormigones en este PPTP.

- Rejillas para sumideros y tapas de registro

Serán de fundición.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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.

- *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.

- *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/cm².

- *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.

- *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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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.

- *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/cm².

- *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 1ª.

- *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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

- *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.

- *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.

- *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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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.

- *Aceros inoxidables*

Los aceros inoxidables se regirán por las normas UNE 36016 y 36257.

- *Fundición gris*

La fundición gris se regirá por la norma UNE 36111. Sólo podrán utilizarse los tipos de fundición FG 30 y FG 35.

- *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.

- *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.

- *Hormigones y morteros*

Se regularán de acuerdo con lo estipulado en los artículos 7.2.2 y 7.2.3 de este PPTP.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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.

- *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.

- *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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

Los conductores tendrán una tensión de aislamiento de 0,6/1 Kv instalados bajo tubos protectores y con una sección mínima de 2,5 mm². 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.

- *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.

- *Saneamiento interior*

Los materiales y equipos deberán cumplir las condiciones exigidas en la norma NTE-ISS/1983.

- *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.

- *Cubiertas*

Los materiales deberán cumplir las condiciones fijadas en las Normas Tecnológicas “NTE Q Cubiertas” y en la norma MV-301/1970.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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.

- *Ladrillos, baldosas y materiales cerámicos*

Los ladrillos de arcilla cocida se registrarán 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 registrarán por la norma UNE 41008 y deberán cumplir las condiciones exigidas para la clase 1ª de dicha norma.

Los azulejos de revestir paredes se registrarán 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.

- *Carpintería*

La carpintería de madera para puertas se registrará 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.

- *Tuberías de fundición dúctil*

	TRACCIÓN MÍNIMA (Kg/mm²)	ALARGAMIENTO ROTURA
Tubos centrifugados	43	8 %
Tubos fundidos en molde de arena y piezas	43	5 %



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

La dureza Brinell máxima será de 230.

Tabla 1. Características mecánicas.

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.

DIÁMETRO NOMINAL D.N.	LONGITUD ÚTIL L (mm)	MEDIA E (mm)	CAÑA D.EXT.(mm)
100	6	6,1	118
150	6	6,3	170
200	6	6,4	222
250	6	6,8	274
300	6	7,2	326
350	6	7,7	378



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

600	6	9,9	635
700	7	10,8	738
800	7	11,7	842
900	7	12,6	946
1000	7	13,5	1048

Tabla 2. Características físicas para tubos serie k = 9.

A partir de la presión de rotura calculada para cada diámetro según la fórmula:

$$Pr = 2 t e/D \quad (Ec.1)$$

donde: D = diámetro nominal interior del tubo

E = espesor de la pared del tubo

T = rotura a tracción del material = 43 Kg/mm²

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:



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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	6,5
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
1000	3,0	2,5

Tabla 3. Instalación de tubos de fundición dúctil de serie K = 9.

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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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/mm², 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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- 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.

- *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



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

- *Tuberías de PVC*

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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

Cumplirán las condiciones técnicas y de suministro según las normas DIN-8062 y no serán atacables por roedores.

- *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.

- *Materiales metálicos en instalaciones y equipos*

Los materiales metálicos serán los definidos en el capítulo 7.3 de este PPTP.

- *Tornillos y roblones*

Los materiales se regirán por la norma EA 95.

- *Galvanización en caliente*

La galvanización en caliente se regirá y deberá cumplir las condiciones existentes en la norma UNE 37501.

- *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 cloro-caucho, según normas INTA 164701 A. La superficie se preparará mediante chorreado abrasivo hasta el grado Sa 2 1/2 de SVENSK STANDARD SIS 055900.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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.

- *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.

- *Madera*

La madera para entibaciones, apeos, cimbras, andamios y encofrados deberá cumplir las condiciones exigidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

- *Cimbras, encofrados y moldes*

Las cimbras, encofrados y moldes deberán cumplir las exigencias contenidas en la Instrucción EHE 98.

- *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/m³/hora una vez alcanzado el grado de humedad óptimo.

- *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.



ANEXO I.8. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE REGIRÁN EN LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS CIVILES.

8.1. Movimientos de tierras, drenajes y firmes.

- *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.

- *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.

- *Excavación especial de taludes en roca*

La ejecución se realizará con arreglo a lo especificado en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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”.

- *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.

- *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



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

- *Cunetas*

La ejecución se realizará de acuerdo a lo especificado en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

- *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.

- *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).

- *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.

- *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.

- *Suelos estabilizados con cemento*

La ejecución deberá cumplir las especificaciones contenidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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.

- *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.

- *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.

- *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.

- *Bordillos*

La ejecución de los bordillos deberá cumplir las especificaciones contenidas en el PG 3/76 y sus sucesivas actualizaciones.

8.2. Obras de hormigón.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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.

- *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 08.

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.

- *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/m². Los puntales del encofrado serán capaces de soportar el peso del forjado que sobre él gravita, más un 30% por carga accidental



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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 arriostamiento.

Cuando se trate del primer forjado se cuidará el apoyo de los puntales sobre el terreno.

El desencofrado se realizará:

- En condiciones normales de temperatura, el plazo de desencofrado será de 21 días.
- Puede homogeneizarse la planta superior a los 8 días del hormigonado de la planta inferior, siempre que ésta se encuentre apuntalada.
- No deben existir más de tres plantas encofradas a la vez.
- Para luces de recuadros mayores de 6 x 6 m, o bien cuando la temperatura se aproxime a los 50 °C. Los 8 días del apartado b) se sustituirán por 10 días.
- En caso de voladizos el desencofrado se hará de manera que la flecha se obtenga gradualmente.
- 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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

- *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. Estructuras 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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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. Edificación.

- *Muros resistentes de fábrica de ladrillo*

El cálculo y la ejecución se regirán por la norma MV-201.

- *Revestimientos*

Las condiciones de ejecución de revestimiento de paramentos, suelos, escaleras y techos serán las especificadas en las Normas Tecnológicas NTE R.

- *Cubiertas*

Las condiciones de ejecución en las cubiertas serán las especificadas en las Normas Tecnológicas NTE Q.

- *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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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.

- *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.

- *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.

- *Saneamiento interior*

Se ejecutará con arreglo a las condiciones exigidas en la Norma Tecnológica NTE-ISS.

8.5. Varios.

- *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.

- *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.



ANEXO I.9. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE DEBERÁN CUMPLIR LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS.

9.1. Órganos de cierre y regulación de caudal en tuberías y canales.

- *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.

- *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.

- *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.

- 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.

▪ 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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

- *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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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 30º 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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

- *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



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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 pobre 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 sean aplicables 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



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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:

- *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 Kg/cm² y minuto.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

Una vez obtenida la presión, se parará 30 minutos, y se considerará satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no acusе 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.

- *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:

$$V = K \times L \times D \quad (\text{Ec. 2})$$

donde: 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 aun 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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

- *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.

- *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.

- *Ventosas en las tuberías*

Serán de doble cuerpo y triple función. Se colocarán en los puntos altos de la tubería adosados a las válvulas de corte, del lado en que la tubería descienda.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- *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 registrador y acumulador, alimentado por batería "in situ".

- *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.

- *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.

▪ *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

▪ *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.

▪ *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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 la 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 40º 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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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-niquel 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.

- *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.

▪ *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



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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:



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

✓ *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.

▪ *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

✓ *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.

▪ *Cuadros 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.

▪ *Pupitre de control*

En el caso de que la instalación lleve pupitre de control se seguirá la siguiente norma:



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- 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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- Ambiente: Exterior, temperatura ambiente de 40º 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.

- *Mando en baja tensión*

El mando se realizará de acuerdo con lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

- *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.

- *Alumbrado exterior*

Se establece el siguiente nivel mínimo de iluminación:



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

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.

✓ *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

✓ *Punto de luz*

Cada punto de luz estará formado por un (1) báculo o columna de altura mínima de seis metros (6 m) sobre el 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.

✓ *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.

✓ *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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

✓ *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.

✓ *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.

✓ *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.

- *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.

- *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.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

✓ *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.

✓ *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.

- *Sala de control*

Esta sala deberá prepararse para las funciones siguientes:

- 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.
- Señalización de las discrepancias con las condiciones normales de marcha por medio de alarmas acústicas y ópticas.
- Mando remoto de las válvulas de regulación por medio de dispositivos manuales o automáticos.
- Arranque y parada de todos los motores eléctricos, excepto los que dependan de cuadros auxiliares.



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- 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.

- *Instrumentación*

La instrumentación será suficiente para el control de todos los lazos de medida, registro, regulación y alarmas, con arreglo a los criterios siguientes:

- 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.
- Si la medida debe registrarse:
 - Lo indicado en a).
 - Tipo de registro y situación del aparato registrador.
- Si la medida debe ser integrada:
 - Lo indicado en a).



ANEXO I. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.

- Tipo de integrador y su situación.

- 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.

ANEXO II

**PRESUPUESTO
ESTIMADO**



INDICE

ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.

PÁGINA

ANEXO II.1. PRESUPUESTO ESTIMADO DE OBRA CIVIL.....	424
ANEXO II.2. PRESUPUESTO ESTIMADO DE EQUIPOS MECÁNICOS.....	427
ANEXO II.3. PRESUPUESTO ESTIMADO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS.....	429
ANEXO II.4. PRESUPUESTO ESTIMADO DE ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	431
ANEXO II.5. MEDIDAS DE CORRECCIÓN AMBIENTAL.....	432
ANEXO II.6. REDACCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.....	432
ANEXO II.7. PRESUPUESTO ESTIMADO GENERAL DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	433
ANEXO II.8. PRESUPUESTO ESTIMADO GENERAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	434



ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.

ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.

ANEXO II.1. PRESUPUESTO ESTIMADO DE OBRA CIVIL.

CONCEPTO	IMPORTE (€)
MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS Desbroce superficial de la tierra y despeje de material vegetal, excavación en todo tipo de terreno con agotamiento, transporte de material sobrante a vertedero, relleno y compactación en terraplén.	70.000
POZO DE BOMBEO DE CABECERA Excavación en todo tipo de terreno, transporte de material sobrante a vertedero, relleno y compactación en cimentación, suministro y puesta en obra de hormigón en masa y hormigón armado, encofrado.	25.000
PRETRATAMIENTO Excavación en todo tipo de terreno con entibación y agotamiento, relleno y compactación en cimentación, transporte de material sobrante a vertedero. Desbaste. Desarenado- desengrasado. Edificio de Pretratamiento.	350.000
DECANTADOR PRIMARIO Excavación en todo tipo de terreno con entibación y agotamiento, transporte de material sobrante a vertedero. Suministro y puesta en obra de hormigón en masa y hormigón armado, encofrado. Equipos.	160.000
REACTOR BIOLÓGICO Excavación en todo tipo de terreno con entibación y agotamiento, transporte de material sobrante a vertedero, relleno y compactación en cimentación. Suministro y puesta en obra de hormigón en masa y hormigón armado. Reactores biológicos. Tanques anóxicos.	900.000



ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.

<p>DECANTADOR SECUNDARIO</p> <p>Excavación en todo tipo de terreno con entibación y agotamiento, transporte de material sobrante a vertedero, relleno y compactación en cimentación. Decantadores secundarios. Suministro y puesta en obra de hormigón en masa y hormigón armado, encofrado. Recogida de agua decantada. Reparto a decantación secundaria.</p>	<p>210.000</p>
<p>MEDIDA DE CAUDAL</p> <p>Excavación en todo tipo de terreno con entibación y agotamiento, transporte de material sobrante a vertedero, relleno y compactación en cimentación.</p>	<p>4.500</p>
<p>ESPEADOR DE FANGOS</p> <p>Excavación en todo tipo de terreno con entibación y agotamiento, transporte de material sobrante a vertedero, relleno y compactación en cimentación, ejecución y descabezado de pilote. Suministro y puesta en obra de hormigón en masa y hormigón armado, encofrado.</p>	<p>87.000</p>
<p>ESTABILIZACIÓN DE FANGOS</p> <p>Excavación en todo tipo de terreno con entibación y agotamiento, transporte de material sobrante a vertedero, relleno y compactación en cimentación, ejecución y descabezado de pilote de diámetro 45 cm, suministro y puesta de hormigón armado, encofrado. Digestores.</p>	<p>100.000</p>
<p>EDIFICIO DE EXPLOTACIÓN, CONTROL Y DESHIDRATACIÓN</p> <p>Excavación en todo tipo de terreno con entibación y agotamiento, transporte de material sobrante a vertedero, relleno y compactación en cimentación, bolo de rechazo de cantera de árido silíceo, ejecución y descabezado de pilote de diámetro. Suministro y puesta en obra de hormigón en masa y hormigón armado, encofrado, tabique de ladrillo, tejado de teja árabe de cerámica color rojo, carpintería metálica, lavabo, inodoro, plato de ducha. Equipos.</p>	<p>145.000</p>



ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.

DESODORIZACIÓN Excavación en todo tipo de terreno con entibación y agotamiento, transporte de material sobrante a vertedero, relleno y compactación en cimentación. Torres de absorción.	12.000
CONDUCCIONES By-pass general y del tratamiento biológico, conducciones de proceso, red de aire y red eléctrica. Equipo.	75.000
URBANIZACIÓN Desbroce superficial de la tierra y despeje de material vegetal, excavación en todo tipo de terreno con entibación y agotamiento, relleno y compactación en terraplén, transporte de material sobrante a vertedero, suministro y puesta en obra de hormigón en masa, suministro y colocación de bordillo prefabricado de hormigón, cerramiento constituido por valla metálica.	50.000
TOTAL PRESUPUESTO PARCIAL DE OBRA CIVIL	2.188.500

Tabla 1. Presupuesto estimado de obra civil.



ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.

ANEXO II.2. PRESUPUESTO ESTIMADO DE EQUIPOS MECÁNICOS.

CONCEPTO	IMPORTE (€)
BOMBEO DE ENTRADA Suministro e instalación de grupo motobomba centrífuga, válvula de descarga automática, interruptor de nivel. Obra de descarga. Medida de caudal.	11.000
DESBASTE DE SÓLIDOS. DESARENADOR- DESENGRASADOR Suministro e instalación de rejillas para la separación de sólidos. Extracción y separación de grasas y flotantes. Extracción y separación de arenas.	150.000
DECANTACIÓN PRIMARIA Extracción de grasas. Vaciado de equipo. Retirada de espumas y flotantes.	97.000
REACTOR BIOLÓGICO Equipos propios de los canales de oxidación, (sistema de aireación). Vaciado de equipo. Equipamientos.	336.000
DECANTACIÓN SECUNDARIA Extracción de grasas. Reparto a decantador secundario. Vaciado de equipo. Retirada de espumas y flotantes.	135.000
ARQUETA DE FANGOS Recirculación de fangos y bombeo de los mismos.	22.000
ESPESAMIENTO Entrada de fangos al espesador y bombeo. Lavado.	26.000



ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.

ESTABILIZACIÓN Equipos y bombeo.	36.000
DESHIDRATACIÓN DE FANGOS Suministro e instalación de centrífuga decantadora, dosificación de polielectrolito y equipamiento del edificio de deshidratación.	200.000
DESODORIZACIÓN Desodorización vía química.	111.000
TOTAL PRESUPUESTO PARCIAL DE EQUIPOS MECÁNICOS	1.124.000

Tabla 2. Presupuesto estimado de equipos mecánicos.



ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.

ANEXO II.3. PRESUPUESTO ESTIMADO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS.

CONCEPTO	IMPORTE (€)
DERECHOS DE ACOMETIDA Y ENGANCHE	15.000
LÍNEA ELÉCTRICA ALTA TENSIÓN	1.200
TRANSFORMACIÓN Y SECCIONAMIENTO Suministro e instalación de caseta prefabricada del CT.	36.000
CGD	6.000
BATERÍA DE CONDENSADORES CONEXIÓN CUADRO BT	2.500
CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM) Suministro e instalación del CCM en pretratamiento, tratamiento biológico, deshidratación de fangos.	21.000
CUADRO DE ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE	1.500
ALUMBRADO EXTERIOR E INTERIOR Y TOMAS DE CORRIENTE Suministro e instalación de punto de luz, aparato autónomo de emergencia.	12.000
LÍNEAS GENERALES Acometida a cuadro general de distribución, alimentación a batería de condensadores, alimentación al CCM, alimentación al biológico, deshidratación de fangos, pretratamiento, alimentación a cuadro edificio, alimentación a alumbrado exterior, salidas edificio e instrumentación.	17.000
AUXILIARES Conjunto de pequeño material de montaje: racores, grapas, abrazaderas.	2.500



ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.

PARARRAYOS Suministro e instalación de pararrayos ionizante.	2.000
RED DE TIERRA GENERAL Conducción de puesta a tierra enterrada a profundidad no menor de 0,8 m.	3.500
TOTAL PRESUPUESTO PARCIAL DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	120.200

Tabla 3. Presupuesto estimado de equipos eléctricos.



ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.

ANEXO II.4. PRESUPUESTO ESTIMADO DE ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

CONCEPTO	IMPORTE (€)
PROTECCIONES INDIVIDUALES	10.000
PROTECCIONES COLECTIVAS	20.000
EXTINCIÓN DE INCENDIOS	1.500
MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS	7.000
FORMACIÓN Y REUNIONES DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO	9.000
INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR	3.500
TOTAL PRESUPUESTO PARCIAL DE ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	51.000

Tabla 4. Presupuesto estimado de estudio de seguridad y salud.



ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.

ANEXO II.5. MEDIDAS DE CORRECCIÓN AMBIENTAL.

CONCEPTO	IMPORTE (€)
MEDIDAS DE CORRECCIÓN AMBIENTAL	20.000

Tabla 5. Medidas de corrección ambiental.

ANEXO II.6. REDACCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.

CONCEPTO	IMPORTE (€)
REDACCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN	22.000

Tabla 6. Redacción del proyecto de construcción.



ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.

ANEXO II.7. PRESUPUESTO ESTIMADO GENERAL DE EJECUCIÓN MATERIAL.

1. PRESUPUESTO ESTIMADO DE OBRA CIVIL	2.188.500 €
2. PRESUESTO ESTIMADO DE EQUIPOS MECÁNICOS	1.124.000 €
3. PRESUPUESTO ESTIMADO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	120.200 €
4. PRESUPUESTO ESTIMADO DE ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	51.000 €
5. MEDIDAS DE CORRECCIÓN AMBIENTAL	20.000 €
6. REDACCIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN	22.000 €

TOTAL PRESUPUESTO ESTIMADO GENERAL DE EJECUCIÓN MATERIAL. 3.525.700 €

EL PRESENTE PRESUPUESTO ESTIMADO GENERAL DE EJECUCIÓN MATERIAL ASCIENDE A LA EXPRESADA CANTIDAD DE:

TRES MILLONES QUINIENTOS VEINTICINCO MIL SETECIENTOS EUROS.



ANEXO II. PRESUPUESTO ESTIMADO.

ANEXO II.8. PRESUPUESTO ESTIMADO GENERAL DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.

TOTAL PRESUPUESTO ESTIMADO GENERAL DE EJECUCIÓN MATERIAL.	3.525.700 €	
17% Gastos Generales	599.369 €	
6% Beneficio Industrial	211.542 €	
	SUMA	4.336.611 €
18% IVA	780.589,98 €	

**TOTAL PRESUPUESTO ESTIMADO GENERAL
DE EJECUCIÓN POR CONTRATA 5.117.200,98 €**

EL PRESENTE PRESUPUESTO ESTIMADO GENERAL DE EJECUCIÓN MATERIAL ASCIENDE A LA EXPRESADA CANTIDAD DE:

CINCO MILLONES CIENTO DIECISIETE MIL DOSCIENTOS EUROS CON NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

ANEXO III

LEGISLACIÓN



INDICE

ANEXO III. LEGISLACIÓN.

	PÁGINA
ANEXO III. 1. DIRECTIVAS DE LA UNIÓN EUROPEA.....	435
ANEXO III. 2. LEGISLACIÓN ESTATAL.....	436
ANEXO III. 3. LEGISLACIÓN AUTONÓMICA.....	437



ANEXO III. LEGISLACIÓN.

ANEXO III. 1. DIRECTIVAS DE LA UNIÓN EUROPEA.

- ✓ **DIRECTIVA 75/440/CEE**, relativa a la calidad requerida para las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable en los Estados miembros.
- ✓ **DIRECTIVA 76/160/CEE**, relativa a la calidad de las aguas de baño.
- ✓ **DIRECTIVA (MARCO) 76/464/CEE**, relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la Comunidad.
- ✓ **DIRECTIVA 78/659/CEE**, relativa a la calidad de las aguas continentales que requiere la protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces
- ✓ **DIRECTIVA 79/293/CEE**, relativa a la calidad exigida a las aguas para la cría de moluscos.
- ✓ **DIRECTIVA 86/278/CEE**, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.
- ✓ **DIRECTIVA 86/278/CEE**, relativa a la protección del medio ambiente, y en particular de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura.
- ✓ **DIRECTIVA 91/271/CEE**, relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- ✓ **DIRECTIVA 91/676/CEE**, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura.
- ✓ **DIRECTIVA 96/61/CEE**, relativa a la prevención y control integrados de la contaminación.
- ✓ **DIRECTIVA 98/15/CEE**, por la que se modifica la Directiva 91/271/CEE en relación con determinados requisitos establecidos en su Anexo I
- ✓ **DIRECTIVA 98/83/CEE**, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.
- ✓ **DIRECTIVA (MARCO) 2000/60/CEE**, por la que se establece un marco comunitario de actuación en la política de aguas.



ANEXO III. 2. LEGISLACIÓN ESTATAL.

- ✓ **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 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.
- ✓ **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.
- ✓ **RESOLUCIÓN DE 28 DE ABRIL DE 1995**, por lo que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros de 17 de febrero de 1.995, por lo que se aprueba el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales (BOE de 12 de mayo de 1.995).
- ✓ **RESOLUCIÓN de 25 de mayo de 1988**, por la que se declaran las "zonas sensibles" en las cuencas hidrográficas intercomunitarias (BOE de 30 de junio 1.996).
- ✓ **REAL DECRETO 484/95, de 7 de abril**, sobre mediadas de regulación y control de vertidos. (BOE de 21 de abril de 1.995).



ANEXO III. 3. 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 A.R.U. 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 "Iona 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.
- ✓ **DECRETO 90/2002, de 24 de mayo**, por el que se aprueban los estatutos de la entidad de saneamiento y depuración de la Región de Murcia.



NOTAS Y FE DE ERRATAS.

Proyecto Fin de Carrera
María Gyomar González González

NOTAS Y FE DE ERRATAS.