

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Aplicación de la tecnología de tratamiento mediante contactores biológicos rotativos (RBC'S) a los efluentes de una industria alimentaria

Autor: Víctor JEAN-PAUL ROMERO

Fecha: Diciembre 2006





ÍNDICE

CAPÍTULO I: MEMORIA Y ANEXOS

MEMORIA

| | |
|---|-----------|
| 1. ALCANCES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO | 10 |
| 2. ANTECEDENTES | 11 |
| 3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO | 11 |
| 4. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN APLICABLE | 11 |
| 5. PROYECTO DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO SECUNDARIO | 16 |
| 5.1. DESCRIPCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EXISTENTES EN LA ACTUALIDAD | 16 |
| 5.1.1. Parámetros de depuración | 16 |
| A) Caudal | 16 |
| B) Sólidos totales | 19 |
| C) Temperatura y pH | 20 |
| D) Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) | 20 |
| E) Demanda Química de Oxígeno (DQO) | 21 |
| F) Factor de biodegradabilidad | 21 |
| 5.1.2. Datos de diseño | 22 |
| 5.2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS | 23 |
| 5.2.1. Sistemas de tratamiento de aguas residuales | 23 |
| A) Línea de agua residual | 23 |
| B) Línea de fangos | 26 |
| 5.2.2. Tecnologías de tratamiento secundario | 32 |
| 5.2.3. Selección de alternativas de tratamiento | 41 |
| A) Comparación entre los distintos tratamientos de depuración | 42 |
| B) Matriz final de selección | 48 |
| 5.2.4. Estudio de alternativas preseleccionadas | 49 |

| | |
|--|-----------|
| Alternativa 1: Aireación Prolongada | 50 |
| Alternativa 2: Lechos bacterianos | 56 |
| Alternativa 3: Biodiscos | 65 |
| 5.2.5. Conclusiones | 75 |
| 5.2.6. Línea de fangos | 78 |
| A) Espesador de gravedad | 79 |
| B) Digestor de fangos | 81 |
| C) Deshidratador de fangos | 84 |
| D) Bombeo de sobrenadantes | 87 |
| 5.3. ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO | 89 |
| 5.3.1. Introducción | 89 |
| 5.3.2. Costes de implantación | 93 |
| 5.3.3. Plan de explotación | 93 |
| A) Costes fijos | 93 |
| B) Costes variables | 93 |
| 6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROCESO: BIODISCOS | 95 |
| 6.1. LÍNEA DE TRATAMIENTO DE AGUAS | 95 |
| 6.1.1. Tratamiento Primario | 95 |
| 6.1.2. Tratamiento Secundario | 96 |
| 6.2. LÍNEA DE TRATAMIENTO DE FANGOS | 97 |
| 6.2.1. Espesor de fangos | 97 |
| 6.2.2. Digestor de fangos | 97 |
| 6.2.3. Deshidratador de fangos | 98 |
| 6.3. UNIDADES AUXILIARES | 98 |
| 6.3.1. Bombeo de sobrenadantes | 98 |
| 6.3.2. Urbanización | 99 |

ANEXOS

| | |
|--|-----|
| ANEXO 1: CÁLCULO DE TUBERÍAS | 100 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 100 |
| 2. CONSIDERACIONES GENERALES | 100 |
| 2.1. Datos de partida | 100 |
| 2.2. Tipos de tuberías | 100 |
| 3. CÁLCULO DE LAS SECCIONES DE LAS TUBERÍAS | 102 |
| 4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA | 103 |
| 4.1. Metodología empleada | 103 |
| 4.2. Pérdida de carga en conducciones | 104 |
| 4.3. Cálculo de la pérdida de carga por metro lineal de tubería | 105 |
| 4.4. Pérdida de carga en elementos singulares | 106 |
| 5. PÉRDIDA DE CARGA EN LA LÍNEA DE AGUA | 107 |
| 5.1. Pérdida en tubería de enlace entre la cámara de bombeo y la decantación primaria | 107 |
| 5.2. Pérdida de carga en el decantador primario | 108 |
| 5.3. Pérdida en tubería de enlace decantación primaria – biodiscos | 109 |
| 5.4. Pérdida de carga en el tratamiento biológico: biodiscos | 109 |
| 5.5. Pérdida de carga en tubería de enlace biodiscos – decantador secundario | 110 |
| 5.6. Pérdida de carga en el decantador secundario | 111 |
| 5.7. Pérdidas de carga en todo el proceso | 112 |
| 6. RED DE SOBRENADANTES | 112 |
| 6.1. Pérdida en tubería de enlace entre la cámara de bombeo y la cabeza del proceso | 113 |
| ANEXO 2: CÁLCULO ELÉCTRICO | 115 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 115 |
| 1.1. Reglamentación | 115 |
| 1.2. Descripción general de las instalaciones | 115 |

| | |
|--|------------|
| 1.2.1. Línea de alta tensión | 116 |
| 1.2.2. Centro de transformación | 116 |
| 1.2.3. Cuadros de distribución | 116 |
| 1.2.4. Líneas | 116 |
| 1.2.5. Alumbrado interior y exterior | 117 |
| 2. CÁLCULO DE LA POTENCIA NECESARIA | 117 |
| 2.1. Potencia en fuerza motriz | 117 |
| 2.1.1. Decantador primario | 118 |
| 2.1.2. Biodiscos | 118 |
| 2.1.3. Decantador secundario | 119 |
| 2.1.4. Espesador de fangos | 119 |
| 2.1.5. Digestor aerobio | 120 |
| 2.1.6. Desdidratador de fangos | 120 |
| 2.1.7. Bombeo de sobrenadantes | 121 |
| 2.1.8. Instrumentación | 121 |
| 2.1.9. Potencia total fuerza motriz | 122 |
| 2.2. Potencia en alumbrado y otros usos | 123 |
| 2.3. Potencia total | 123 |
| 3. FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS | 124 |
| | |
| ANEXO 3: INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL | 127 |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 127 |
| 2. INSTRUMENTACIÓN DE LA PLANTA | 130 |
| 2.1. Medidor tipo Parshall | 130 |
| 2.2. Medidor de pH | 131 |
| 2.3. Medidor de caudal de deshidratación..... | 131 |
| | |
| ANEXO 4: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL | 132 |
| | |
| 1. OBJETO DEL ESTUDIO | 132 |
| 2. ANTECEDENTES | 132 |
| 3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD | 133 |

| | |
|---|------------|
| 3.1. Introducción: Determinación del área afectada | 133 |
| 3.2. Descripción del proceso | 134 |
| 3.3. Descripción de las obras | 135 |
| 4. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO: INVENTARIO AMBIENTAL | 136 |
| 4.1. Características del medio físico | 136 |
| 4.2. Características del medio socioeconómico | 137 |
| 5. ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LA ACTIVIDAD | 137 |
| 5.1. Identificación de las acciones con posible interacción sobre el entorno | 137 |
| 5.2. Identificación de la incidencia ambiental de la actuación | 138 |
| 5.3. Descripción de los impactos y medidas correctoras propuestas | 143 |
| 6. NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL | 146 |
| 7. PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL | 147 |
| | |
| ANEXO 5: EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO | 148 |
| | |
| 1. OPERACIONES DE SEGUIMIENTO EN PLANTA | 148 |
| 2. CONTROL DEL MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN | 151 |
| 3. PLAN DE EXPLOTACIÓN | 152 |
| 3.1. Organización del personal | 152 |
| 3.1.1. Dirección y control | 152 |
| 3.1.2. Explotación | 154 |
| 3.1.3. Mantenimiento y conservación | 157 |
| 3.2. Personal de la planta | 157 |
| 4. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE PLANTA | 158 |
| 4.1. Introducción | 158 |
| 4.2. Medidores en planta | 159 |
| 5. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN | 159 |
| 5.1. Objetivos de las actividades de mantenimiento y conservación | 159 |
| 5.2. Tipos de mantenimiento y conservación | 160 |
| 5.3. Estructura del servicio de mantenimiento y conservación | 160 |
| 5.4. Operaciones de mantenimiento y conservación | 162 |

| | |
|---|------------|
| ANEXO 6: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD | 166 |
| 1. MEMORIA | 166 |
| 1.1. Objeto del estudio | 166 |
| 1.2. Características de la obra..... | 167 |
| 1.2.1. Descripción de la obra..... | 167 |
| 1.2.2. Plazo de ejecución..... | 168 |
| 1.2.3. Personal previsto..... | 168 |
| 1.2.4. Interferencias y servicios afectados..... | 168 |
| 1.2.5. Unidades constructivas..... | 168 |
| 1.2.6. Instalaciones electromecánicas..... | 169 |
| 1.3. Evaluación de riesgos en la etapa de construcción..... | 169 |
| 1.3.1. Riesgos profesionales..... | 169 |
| 1.3.2. Riesgos de daños a terceros..... | 172 |
| 1.3.3. Varios..... | 172 |
| 1.4. Evaluación y prevención de riesgos en la etapa de explotación..... | 173 |
| 1.4.1. Riesgos comunes..... | 173 |
| 1.4.2. Riesgos específicos..... | 178 |
| 1.5. Prevención de riesgos profesionales..... | 181 |
| 1.5.1. Protecciones individuales..... | 181 |
| 1.5.2. Protecciones colectivas..... | 182 |
| 1.5.3. Formación..... | 184 |
| 1.5.4. Medicina preventiva y primeros auxilios..... | 184 |
| 1.6. Prevención de daños a terceros..... | 186 |
| 2. PLIEGO DE CONDICIONES..... | 188 |
| 2.1. Disposiciones legales de aplicación..... | 188 |
| 2.2. Condiciones de los medios de protección..... | 190 |
| 2.2.1. Equipos de protección individual (EPI)..... | 191 |
| 2.2.2. Protecciones colectivas (SPC)..... | 191 |
| 2.3. Servicio de prevención..... | 194 |
| 2.3.1. Servicio técnico de seguridad..... | 194 |
| 2.3.2. Botiquín de obras..... | 194 |
| 2.4. Delegado de prevención y comité de seguridad y salud..... | 194 |

| | |
|--|------------|
| 2.4.1. Delegado de prevención..... | 194 |
| 2.4.2. Comité de seguridad y salud..... | 194 |
| 2.4.3. Brigada de seguridad..... | 195 |
| 2.5. Instalaciones auxiliares de higiene y bienestar..... | 195 |
| 2.6. Libro de incidencias..... | 195 |
| 2.7. Coordinador de seguridad..... | 196 |
| 2.8. Normas técnicas de homologación..... | 196 |
| 2.9. Normas de cumplimiento en obra..... | 197 |
| 2.9.1. Normas generales..... | 197 |
| 2.9.2. Electricidad..... | 198 |
| 2.9.3. Grupo electrógeno..... | 199 |
| 2.9.4. Trabajos en altura..... | 199 |
| 2.9.5. Normas específicas de los distintos oficios y operadores de máquinas | 200 |
| 2.9.6. Normas especiales para excavaciones y trabajos en zanja o con retroexcavadora..... | 205 |
| 2.10. Certificación del capítulo de seguridad e higiene en el trabajo..... | 207 |
| ANEXO 7: BIBLIOGRAFÍA | 208 |

CAPÍTULO II: PLANOS

| | |
|--|------------|
| 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA | 1/3 |
| 2. DECANTADOR PRIMARIO | 2/3 |
| 3. DECANTADOR SECUNDARIO | 3/3 |

CAPÍTULO III: PLIEGO DE CONDICIONES

| | |
|--|----|
| ÍNDICE | 1 |
| 1. OBJETO | 3 |
| 2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES | 3 |
| 2.1. Normas de aplicación | 3 |
| 2.2. Ingeniero director de las obras | 3 |
| 2.3. Inspección de las obras | 4 |
| 2.4. Representante del contratista | 4 |
| 2.5. Personal facultativo por cuenta del contratista | 5 |
| 2.6. Órdenes al contratista | 5 |
| 2.7. Permisos y licencias | 6 |
| 2.8. Subcontratista o destajista | 6 |
| 2.9. Señalizaciones de obras e instalaciones | 6 |
| 2.10. Precauciones | 6 |
| 2.11. Conservación del paisaje | 7 |
| 2.12. Limpieza final de las obras | 7 |
| 2.13. Plazo de garantía | 8 |
| 2.14. Relaciones valoradas y certificaciones parciales de obra ejecutada | 8 |
| 2.15. Otros gastos de cuenta del contratista | 8 |
| 2.16. Accidentes de trabajo | 9 |
| 2.17. Modificaciones del proyecto | 9 |
| 2.18. Contradicciones y omisiones del proyecto | 9 |
| 2.19. Plazo de ejecución de las obras | 9 |
| 2.20. Programa de trabajo | 10 |
| 2.21. Replanteo previo de las obras | 10 |
| 2.22. Ensayos y análisis..... | 10 |
| 3. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS | 11 |
| 3.1. Definición y alcance | 11 |
| 3.2. Descripción de las obras | 15 |
| 3.3. Consideraciones sobre los materiales | 16 |

CAPÍTULO IV: PRESUPUESTOS

| | |
|---|----------|
| 1. TRABAJOS PREVIOS | 1 |
| 2. DECANTADOR PRIMARIO | 2 |
| 3. BIODISCOS | 3 |
| 4. DECANTADOR SECUNDARIO | 4 |
| 5. ESPESADOR DE FANGOS | 5 |
| 6. DIGESTOR DE FANGOS | 6 |
| 7. CONDUCCIONES | 7 |
| 8. POZO DE BOMBEO DE SOBRENADANTES | 8 |

1. ALCANCES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por objeto la propuesta de implantación de un sistema de tratamiento secundario como ampliación de una estación depuradora de las aguas residuales (EDAR) vertidas por una industria alimentaria de producción de mantequilla.

El objetivo de este estudio es el de obtener una depuración más exhaustiva de los efluentes de la actual depuradora de esta industria que se basa en un tratamiento físico-químico, por medio de un clarificador y una unidad de flotación, y para ello se realiza un análisis de las diferentes alternativas contempladas como son: contactores biológicos rotativos o biodiscos (RBC's), lechos bacterianos y aireación prolongada.

Entre los objetivos marcados en este proyecto se establecen:

- 1.- Estudio de la viabilidad técnica de los tres procesos de tratamiento secundario, anteriormente establecidos.
- 2.- Estudio económico-financiero de la tecnología establecida como más viable en el objetivo propuesto previamente.
- 3.- Aplicación del proceso elegido.

2. ANTECEDENTES

El presente proyecto se realiza como Proyecto Fin de Carrera para la obtención del título de Ingeniero Químico en la Facultad de Ciencias emplazada en el término municipal de Puerto Real, con domicilio social en avenida Saharaui, s/n.

3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La parcela elegida para la ubicación de la planta depuradora se sitúa en el polígono industrial “El Trocadero” perteneciente al municipio de Puerto Real, en una parcela de 9500 m² próxima a la ubicación de la industria alimentaria, con el fin de evitar que los efluentes de dicha industria vayan a la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) del municipio y puedan ser vertidos directamente al mar previo control de las autoridades competentes, una vez cumplidos los requisitos de vertido impuestos por los organismos reguladores, los cuales se citan en el siguiente apartado.

4. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN APLICABLE

Normativa sobre calidad de aguas marinas

La estación depuradora está ubicada en un polígono industrial en la franja costera, por lo que se hace necesario realizar una revisión en cuanto a la legislación vigente en referencia a las aguas marinas.

Desde este punto de vista, en Andalucía, existe una clasificación de las aguas litorales, propuesta por el *DECRETO 14/1996, de 16 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de la calidad de las aguas litorales*. Este decreto realiza una clasificación de las aguas litorales en especiales, limitadas, normales y menos limitadas. Por otra parte, regula el régimen de autorizaciones de vertido, la comprobación, vigilancia y control de la calidad de las aguas, los objetivos de calidad, canon y fianzas, así como las tablas de límites de vertidos y métodos de análisis, los valores de los coeficientes K para

el cálculo del canon de vertido y las normas para su estimación en las industrias que utilizan el agua como refrigeración.

Posteriormente, este decreto ha sido desarrollado por la Orden de 14 de febrero de 1997, por la que se clasifican las aguas litorales andaluzas y se establecen los objetivos de calidad de las aguas afectadas directamente por los vertidos. Según el Anexo I de esta Orden, la zona donde se ubicará la planta de depuración, se clasifica como zona LIMITADA, tal y como se recoge en la tabla adjunta. Según esta orden, tendrán la consideración general de aguas limitadas aquéllas caracterizadas por sus singulares condiciones ambientales de escasa renovación de aguas o por recibir gran cantidad de sustancias contaminantes y/o nutrientes, lo que puede ocasionar fenómenos de eutrofización, acumulación de sustancias tóxicas o cualquier otro fenómeno que incida negativamente en las condiciones naturales del medio y reduzca sus posibilidades de uso. Se definen como aguas limitadas las aguas de estuarios y bahías cerradas, quedando excluidas de esta clasificación aquellas aguas, que, aun cumpliendo lo establecido anteriormente, por razones técnico-ambientales se incluyan de forma particular en otro tipo de aguas.

| Nº | Denominación | Delimitación | Situación general Latitud Longitud | Clasificación | Anchura | Observaciones |
|----|-----------------------|--|--|---------------|-----------------|---------------|
| 1 | Litoral Atlántico | Desde desembocadura del Guadiana hasta cabo de Trafalgar | | Normal | 1 milla náutica | |
| 2 | Canal del Padre Santo | Desde faro Espigón Juan Carlos I hasta la Punta de Sebo | | Normal | | |

| | | | | | | |
|---|----------------------|---|--|----------|------------------------|---|
| 3 | Ríos Tinto y Odiel | Desde la Punta del Sebo hasta donde llega la influencia mareal (Niebla y Gibraleón) | | Limitada | | |
| 4 | Río Guadalquivir | Río Guadalquivir (desde San Lúcar de Barrameda hasta Presa de Alcalá) | | Limitada | | Los objetivos de calidad en el río Guadalquivir se definirán en una orden posterior |
| 5 | Bahía de Cádiz | Desde Bajo de las Cabezuelas hasta Punta San Felipe (Cádiz) | 36°31'80 6°14'50 36°32'60 6°16'60 | Limitada | Aguas interiores línea | Esta línea corresponde a la unión de los puntos geográficos de referencia |
| 6 | Litoral Mediterráneo | Desde Cabo de Trafalgar hasta límite con Murica | | Normal | ½ milla náutica | |

Tabla (I) Clasificación de las aguas litorales andaluzas

Normativa sobre aguas residuales

DIRECTIVA 91/271/CEE de 21 de mayo de 1991, sobre el Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas, que tiene por objeto la recogida, el tratamiento y el vertido de las aguas residuales urbanas y el tratamiento y vertido de las aguas residuales procedentes de determinados sectores industriales. La finalidad de esta Directiva es la de proteger al medio ambiente de los efectos negativos de los vertidos de las mencionadas aguas residuales.

REAL DECRETO-LEY 11/**1995**, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, (BOE nº 312, 30-12-95). Se trata de la transposición de la Directiva 91/271/CEE y tiene por objeto complementar el título V de la Ley 29/1985 de Aguas, de 2 de agosto, y el título III de la Ley 22/1988 de Costas, de 28 de julio, con el fin de proteger la calidad de las aguas continentales y marítimas de los efectos negativos de los vertidos de las aguas residuales urbanas (art. 1).

REAL DECRETO 509/**1996** de 15/3/96, que desarrolla el REAL DECRETO-LEY 11/1995 por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, (BOE nº 77, 29-3-96).

Este R.D. completa la incorporación de la citada Directiva, desarrollando lo dispuesto en el R.D.-Ley, para lo cual fija los requisitos técnicos que deberán cumplir los sistemas colectores (art. 2), las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales (art. 3), los requisitos de los vertidos procedentes de instalaciones secundarias (art. 5) o de aquellos que vayan a realizarse en zonas sensibles (art. 6) y regula el tratamiento previo de los vertidos de las aguas residuales industriales cuando éstos se realicen a sistemas colectores (art. 8) o a instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas.

Así mismo, se determinan los criterios que deberán tomarse en consideración para la declaración de las zonas sensibles y zonas menos sensibles (art. 7), que corresponderá efectuar bien a la Administración General del Estado o a las Comunidades autónomas.

Por último, se establece que las Administraciones públicas, en el ámbito de sus respectivas competencias, deberán efectuar el seguimiento y los controles precisos para garantizar el cumplimiento de las obligaciones contempladas tanto en el R.D.-Ley como en este R.D. (art. 9) y se fijan los métodos de referencia para el seguimiento y evaluación de los resultados de dichos controles (anexo III).

Cuadro 1. Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas sujetos a lo dispuesto en los artículos 4 y 5 de la presente Directiva. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción.

| Parámetros | Concentración | Porcentaje mínimo de reducción |
|--|---|---------------------------------------|
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅ a 20 °C) sin nitrificación | 25 mg/L O ₂ | 70 – 90 40* |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | 125 mg/L O ₂ | 75 |
| Total de sólidos en suspensión | 35 mg/L 35* (más de 10.000 h-e) 50* (de 2.000 a 10.000 h-e) | 90 50* (más de 10.000 h-e) |

* Dichas concentraciones y porcentajes están en conformidad con el apartado 2 del Art.4

5. PROYECTO DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO SECUNDARIO

5.1. DESCRIPCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EXISTENTES EN LA ACTUALIDAD

5.1.1. Parámetros de depuración

Las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales son esenciales para el proyecto y funcionamiento de las instalaciones, para su recogida, tratamiento y evacuación y para la técnica de la gestión de la calidad ambiental.

Los análisis realizados con aguas residuales pueden clasificarse en físicos, químicos y biológicos.

Los principales parámetros utilizados para caracterizar un agua residual son: caudal, sólidos totales, temperatura, DBO y DQO.

A) *Caudal:*

Es uno de los parámetros fundamentales que hay que tener en cuenta en el dimensionamiento de una instalación como la estudiada, y mide la cantidad de vertido por unidad de tiempo que llega a la instalación.

Determinación de caudales de vertido

1) Entrada a planta

Las instalaciones y la capacidad de las líneas de tratamiento se establecen en función de distintos criterios como: finalidad tecnológica, cantidad de producto a tratar diariamente, tipos y capacidad de las máquinas empleadas y carga tratada por turno de trabajo de la línea.

Esta planta trabaja de forma continuada 24 horas todos los días.

| CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA | |
|---------------------------------|-----------------------|
| Nº Total Empleados | 60 |
| Nº Empleados / turno | 20 |
| Turnos de trabajo | 3 turnos de 8 h/turno |

En la industria se producen diariamente una considerable cantidad de aguas residuales. Los caudales a tratar tienen diferentes procedencias: aguas de procesos, aguas de locales sociales y aguas provenientes de la limpieza de máquinas.

En las aguas residuales provenientes de procesos la cantidad de agua a tratar es de $Q_1 = 250 \text{ m}^3/\text{día}$. Este volumen de agua es el principal foco de contaminación en las aguas residuales de la planta, ya que en él se concentra la mayor parte de la carga contaminante (DBO_5 , DQO , SS) del caudal de agua total que se trata en la planta de tratamiento.

En las aguas residuales procedentes de locales sociales se incluye el agua empleada en los lavabos, en los baños y en la cocina. La cantidad diaria aproximada es de 75 litros/persona. Sabiendo que en la planta trabajan 20 personas/turno, las aguas residuales generadas por esa actividad vienen dadas por:

$$Q_2 = 0.075 \text{ m}^3/\text{pers} \cdot 60 \text{ pers}/\text{día} = 4.5 \text{ m}^3/\text{día}$$

Este es un caudal que se puede considerar homogéneo a lo largo del horario de trabajo; la carga contaminante del mismo es muy baja y prácticamente no influye en la composición final de agua residual que se va a tratar.

El caudal de agua residual generado a partir del agua empleada para la limpieza de las cubas y máquinas, se produce 3 veces al día ya que la limpieza de los equipos coincide con el cambio de turno (3 turnos/día). Por este motivo la carga contaminante del mismo tiene un valor significativo, aunque no es determinante en el efluente final.

$$Q_3 = 225.5 \text{ m}^3/\text{día}$$

A continuación se realizará un estudio de la distribución del caudal a lo largo del día con objeto de obtener de una manera más precisa cuando se tendrán caudales máximos, mínimos y puntas en la planta de tratamiento.

| | Q _{total} | | Q _{max} | | Q _{min} | |
|-----------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| | m ³ /h | m ³ /día | m ³ /h | m ³ /día | m ³ /h | m ³ /día |
| Q ₁ | 10.4 | 250 | 65 | 950 | 0 | 0 |
| Q ₂ | 0.19 | 4.5 | 20 | 270 | 0 | 0 |
| Q ₃ | 9.4 | 225.5 | 15 | 200 | 9.4 | 225.5 |
| ΣQ _i | 20 | 480 | 100 | 1420 | 9.4 | 225.5 |

| |
|--|
| <p>Caudal de agua a tratar (m³/h) = 20 m³/h Caudal de agua a tratar (m³/día) = 480 m³/día</p> |
|--|

2) Entrada al tratamiento primario

| | Q _{med} |
|---------------------|------------------|
| l/s | 5.55 |
| m ³ /h | 20 |
| m ³ /día | 480 |

3) Entrada al tratamiento secundario

| | Q _{med} |
|---------------------|------------------|
| l/s | 5.55 |
| m ³ /h | 20 |
| m ³ /día | 480 |

B) *Sólidos totales*

Analíticamente el contenido total de sólidos de un agua residual se define como toda la materia que queda como residuo de evaporación a 103-105 °C.

Los sólidos totales, ó residuos de evaporación pueden clasificarse como sólidos suspendidos o sólidos filtrables, a base de hacer pasar un volumen conocido de un líquido por el filtro. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un papel de filtro, y los suspendidos los que no pueden hacerlo.

Por lo general, el filtro se elige de modo que el diámetro mínimo de los sólidos suspendidos sea aproximadamente de una micra; la fracción de sólidos suspendidos incluye los sólidos sedimentables que se depositarán en el fondo de un recipiente en forma de cono (llamado cono Imhoff) durante un periodo de 60 minutos.

Los sólidos sedimentables son una medida aproximada de la cantidad de fango que se eliminará mediante la sedimentación.

La fracción de sólidos filtrables se compone de sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro aproximado que oscila entre 10-3 y 1 µm.

Los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones que se encuentran presentes en disolución verdadera en el agua.

Los sólidos en suspensión se dividen a su vez en depositables y no depositables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de 1 litro de agua residual en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral.

Gran parte de estos sólidos son atraídos por la gravedad terrestre en periodos cortos de tiempo por lo que son fácilmente separables del agua residual cuando ésta se mantiene en estanques que tengan elevado tiempo de retención del agua residual.

En el agua residual que se va a tratar, la concentración de sólidos totales es:

Sólidos totales = 2700 mg/l

Sólidos en suspensión = 1100 mg/l

C) *Temperatura y pH*

La temperatura del agua residual es generalmente más alta que la del suministro, debido a la adicción de agua caliente procedente de las actividades industriales.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante por su efecto en la vida acuática, en las reacciones químicas y en las velocidades de reacción y en la aplicabilidad del agua a usos útiles.

Una temperatura alta puede producir un cambio en las especies piscícolas que existen en el agua. También hay que considerar que el oxígeno es menos soluble en el agua caliente que en la fría. El aumento de la velocidad de las reacciones químicas que supone un aumento de temperatura, junto con la disminución del oxígeno presente en las aguas superficiales, puede causar graves disminuciones de las concentraciones de oxígeno disuelto.

Debe tenerse en cuenta que un cambio repentino de temperatura puede dar como resultado un alto porcentaje de mortalidad de la vida acuática.

Las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a un crecimiento indeseable de plantas acuáticas y hongos.

La temperatura media del agua residual a la entrada de la instalación oscila entre 15-20°C en época de frío y 20-25°C en verano.

Se tomara por tanto, un valor medio de temperatura del agua de:

$$T = 20^{\circ}\text{C}$$

En el caso del pH del agua residual, generalmente es ácido a la salida de la planta alimentaria, oscilando entre valores de 3 y 3.5. Este caudal de agua con un pH más reducido se mezcla en el colector principal con el agua del resto de las secciones de la planta (pH prácticamente neutros), lo que provoca la dilución de la misma y el consiguiente aumento del pH hasta valores próximos al neutro.

D) *Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)*

La DBO₅ o Demanda Biológica de Oxígeno es el parámetro de polución orgánica más utilizado, midiendo la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de 5 días para descomponer, mediante oxidación bioquímica, la

materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C. Cuanto más alto es el valor de este parámetro peor calidad tiene el agua.

La DBO₅ suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas.

La medición de la DBO es importante en el tratamiento de las aguas residuales y para la gestión técnica del agua porque se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.

Los datos de la DBO se utilizan para dimensionar las instalaciones de tratamiento y medir el rendimiento de algunos de estos procesos.

Con los datos de la DBO se podrá, asimismo, calcular la velocidad a la que se requerirá el oxígeno.

Para el agua residual que se va a tratar, el valor de la DBO₅ es de 800 ppm, cuya equivalencia diaria es de 768 Kg O₂/día ó de 1600 mg O₂/l.

E) *Demanda Química de Oxígeno (DQO)*

De modo similar, la DQO o Demanda Química de Oxígeno es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar, químicamente, la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua.

El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO₅ porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

El valor de DQO en este tipo de agua es de 1200 ppm, lo que supone 1152 Kg O₂/día ó de 2400 mg O₂/l.

F) *Factor de Biodegradabilidad*

Es la relación entre la DBO₅ y la DQO, e indica la importancia de los vertidos industriales dentro del agua residual analizada y sus posibilidades de biodegradabilidad.

| | |
|-----------------------|-------------------------------------|
| DBO ₅ /DQO | Biodegradabilidad del agua residual |
| < 0.2 | Poco biodegradable |
| 0.2-0.4 | Biodegradable |
| >0.4 | Muy biodegradable |

En el caso que se proyecta, resulta un factor de biodegradabilidad de:

$$\text{DBO}_5/\text{DQO} = 0.666 \quad \text{Muy biodegradable}$$

5.1.2. Datos de diseño

Como datos de diseño para el dimensionamiento de la planta se han adoptado los siguientes valores ya descritos anteriormente. Además de los parámetros de más importancia (DBO₅, DQO, SS...), se muestran los valores que, según el Real Decreto 509/1996, tienen que tener para poder ser vertidos al exterior.

| PARÁMETROS DE DISEÑO | | | | |
|----------------------|---------------|----------------------------------|-------------------|---------------------|
| Caudales | | l/s | m ³ /h | m ³ /día |
| Q _{med} | | 5.55 | 20 | 480 |
| Carga contaminante | Entrada | Salida exigida según RD 509/1996 | | |
| | ppm | Kg/día | ppm | Kg/día |
| DBO ₅ | 800 | 768 | < 25 | < 24 |
| DQO | 1200 | 1152 | < 135 | < 120 |
| SS | 729 | 700 | < 35 | < 33.6 |
| T ^a | 20°C | | | |
| pH | Aprox. neutro | | | |

5.2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

5.2.1. Sistemas de tratamiento de aguas residuales:

Dentro de cualquier sistema de depuración podemos distinguir dos líneas de tratamiento: Línea de agua y Línea de fangos.

A) Línea de agua residual

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 el medio de eliminación de los contaminantes (a), según la fase de depuración (b) y según el coste de la explotación (c).

a.- 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.

a.1.- **Procesos físicos:** Son los métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos (aplicación de fuerzas gravitatorias, centrífugas, retención física, etc.) En este grupo se pueden incluir: desbaste de sólidos, desengrasado, desarenado, sedimentación, flotación, evaporación y absorción.

a.2.- **Procesos químicos:** Son los métodos de tratamiento en los que la eliminación de contaminantes es provocada por la adición de productos químicos o por otras reacciones químicas. Entre estos podemos incluir: floculación y coagulación,

neutralización, oxidación, reducción, intercambio iónico, absorción y desinfección (cloro, ozono).

a.3.- **Procesos biológicos:** Son los métodos de tratamiento en los cuales se consigue la eliminación de contaminantes por una actividad biológica. 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 se encuentran: fangos activos, lechos bacterianos, lechos de turba, lagunaje, biodiscos y sistemas de aplicación al suelo.

b.- Según la fase de depuración

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales se pueden clasificar 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.

b.1.- **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.

b.2.- **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.

b.3.- Tratamiento terciario: De naturaleza biológica o fisico-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.

c.- Según el coste de la explotación

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.

c.1.- 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).

c.2.- 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 costos de explotación, baja integración en el medio rural, obtiene buenos resultados en depuración y se adaptan media-baja a reutilización. En este grupo pueden citarse: procesos físico-químicos y fangos activos incluyendo el tratamiento convencional de fangos.

B) *Línea de fangos*

En los procesos de depuración de aguas residuales, las aguas se ven desprovistas de los sólidos en suspensión en dos etapas del proceso. En el tratamiento primario se produce por fenómenos meramente físicos una separación de parte de los sólidos debidos a su densidad. En el tratamiento secundario parte de la materia orgánica ha sido metabolizada y transformada en materia viva, pero la acción más importante es el efecto de floculación, que permite separar los flóculos de materia orgánica, materia viva y materia inorgánica en los decantadores secundarios. Realmente la contaminación de las aguas queda contenida en los fangos extraídos de los decantadores primarios y secundarios. De aquí que se realice el tratamiento de los fangos -digestión- así como el aprovechamiento de los lodos y su eliminación.

Por tanto, esta línea trata los subproductos originados en la línea de agua para que puedan ser evacuados bajo condiciones óptimas sanitarias y de manejo. En esta línea se incluyen procesos tales como:

a.- Mezclado de fangos:

El fango se mezcla para conseguir que la alimentación a los siguientes procesos y operaciones de tratamiento sea un material uniforme. La uniformidad de la mezcla adquiere mayor importancia en el caso de sistemas de corto tiempo de detención, como puede ser el caso de la deshidratación del fango, el tratamiento térmico, o la incineración. La alimentación de un fango bien mezclado y con características uniformes favorece, en gran medida, el funcionamiento y rendimiento de las plantas.

El mezclado de los fangos primarios, secundarios y del fango generado en los procesos de tratamiento avanzado, se puede llevar a cabo de diferentes formas:

- En tanques de decantación primaria: Los fangos secundarios o terciarios se pueden retornar a los decantadores primarios para su sedimentación y mezcla con el fango primario.
- En tuberías: Para asegurar un mezclado adecuado, este procedimiento requiere un cuidadoso control de los puntos de generación del fango y de las velocidades de alimentación. Si no se ejerce ese control, son de esperar variaciones en la consistencia del fango.
- En instalaciones de tratamiento de fangos que procuran largos tiempos de detención: Los digestores aerobios y anaerobios (tipo mezcla completa) pueden conseguir una mezcla uniforme de los fangos alimentados.
- En un tanque de mezcla independiente: Esta práctica proporciona el mejor método de control de calidad de los fangos mezclados.

En plantas de tratamiento con capacidad inferior a 3800 m³/día, el mezclado se suele llevar a cabo en los decantadores primarios. En las instalaciones de grandes dimensiones, la eficacia óptima se consigue espesando los fangos en unidades independientes antes de proceder al mezclado.

Para asegurar un mezclado adecuado, los tanques suelen estar equipados con mezcladores mecánicos y deflectores.

b.- Espesado de fangos:

El contenido de sólidos del fango primario, activado, fango de filtros percoladores, o del resultado de mezcla de ellos (ej: fango primario + fango activado), varía considerablemente en función de las características del fango, de las instalaciones de eliminación y bombeo de fangos, y del método de operación.

El espesado es un procedimiento que se emplea para aumentar el contenido de sólidos del fango por eliminación de parte de la fracción líquida del mismo. El espesado se suele llevar a cabo mediante procedimientos físicos, que incluyen el espesado por gravedad, flotación, centrifugación, y filtros de banda por gravedad.

La reducción del volumen de fango resulta beneficiosa para los procesos de tratamiento siguientes tales como digestión, deshidratación, secado y combustión, desde los siguientes puntos de vista:

- Capacidad de tanques y equipos necesarios.
- Cantidad de reactivos químicos necesarios para el acondicionamiento del fango.
- Cantidad de calor necesario para los digestores y cantidad de combustible auxiliar necesario para el secado o incineración, o para ambos.

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, recogiénolos en la parte superficial por medio de unas raquetas y a su vez enviarlos al pozo de mezcla para su posterior bombeo al proceso de digestión.

c.- Almacenamiento de fangos:

El almacenamiento de fango debe realizarse para laminar las fluctuaciones de la producción de fangos y permitir la acumulación de los mismos durante los periodos en los que las instalaciones de tratamiento siguientes se encuentran fuera de servicio (ej: turnos de noche, fin de semana, periodos de paro). El almacenamiento de fango es particularmente importante en el caso de los procesos de estabilización con cal, tratamiento térmico, deshidratación mecánica, secado y reducción térmica, para los cuales es importante asegurar que la alimentación se lleve a cabo a caudal constante.

El almacenamiento del fango a corto plazo se puede llevar a cabo en los decantadores o espesadores.

El almacenamiento a largo plazo se puede conseguir en procesos de estabilización con largos tiempos de detención (ej: digestión aerobia y anaerobia), o en tanques independientes especialmente diseñados.

En plantas pequeñas, el fango se suele almacenar en los decantadores y en los digestores.

En plantas de grandes dimensiones que no utilizan procesos de digestión aerobia ni anaerobia, el fango se suele almacenar en tanques de mezcla y almacenamiento independientes. Estos tanques se pueden diseñar de modo que se consigan tiempos de detención de entre varias horas y varios días.

El almacenamiento del fango durante periodos superiores a dos o tres días provoca su deterioro, y aumenta la dificultad del proceso de deshidratación.

Para evitar el desarrollo de condiciones sépticas y para mejorar el mezclado, el fango se puede airear. Para asegurar la mezcla completa del fango, puede ser necesario utilizar mezcladores mecánicos.

Para evitar el desarrollo de condiciones sépticas, y para controlar los olores generados en los tanques de mezcla y almacenamiento del fango, se utiliza cloro y peróxido de hidrógeno, aunque los resultados no son plenamente satisfactorios. El control de olores también se puede llevar a cabo elevando el pH por adición de hidróxido de sodio o cal, manteniendo el sulfuro de hidrógeno en solución.

d.- Estabilización de fangos:

La estabilización del fango se lleva a cabo para:

- Reducir la presencia de patógenos.
- Eliminar olores desagradables.
- Inhibir, reducir, o eliminar su potencial de putrefacción.

Los medios de estabilización para eliminar el desarrollo de estas condiciones desagradables son:

- Reducción biológica del contenido de materia volátil.
- Oxidación química de la materia volátil.
- Adición de agentes químicos para hacer el fango inadecuado para la supervivencia de los microorganismos.
- Aplicación de calor con el objeto de desinfectar o esterilizar el fango.

Es necesario considerar la cantidad de fango a tratar, la integración del proceso de estabilización con las restantes unidades de tratamiento, y los objetivos del proceso de estabilización. Los objetivos del proceso de estabilización suelen estar afectados por las

normas existentes o de futura implantación. Si el fango se debe aplicar al terreno, es necesario contemplar la reducción de la presencia de patógenos por diferentes vías.

Las tecnologías disponibles para la estabilización del fango incluyen:

- Estabilización con cal
- Tratamiento térmico
- Digestión anaerobia
- Digestión aerobia
- Compostaje

e.- Deshidratación mecánica:

La deshidratación es una operación unitaria física (mecánica) utilizada para reducir el contenido en humedad del fango por alguna de las siguientes razones:

- Los costes de transporte del fango por camión hasta el lugar de su evacuación final son notablemente menores cuando se reduce el volumen por deshidratación.
- El fango deshidratado es, generalmente, más fácil de manipular que el fango líquido o espesado. En la mayoría de los casos, el fango deshidratado es susceptible de ser manipulado con tractores dotados de cucharas y palas y con cintas transportadoras.
- La deshidratación del fango suele ser necesaria antes de la incineración del fango para aumentar su poder calorífico por eliminación del exceso de humedad.
- La deshidratación es necesaria antes del compostaje para reducir la cantidad de material de enmienda o soporte.
- La deshidratación del fango suele ser necesaria antes de su evacuación a vertederos controlados para reducir la producción de lixiviados en la zona del vertedero.

Los dispositivos de deshidratación utilizan varias técnicas para la eliminación de la humedad. Algunas se basan en la evaporación y percolación naturales, mientras que los aparatos de deshidratación mecánica utilizan medios físicos, asistidos mecánicamente, para acelerar el proceso. Los medios físicos utilizados incluyen la filtración, el prensado, la acción capilar, la extracción por vacío y la separación y compactación por centrifugación.

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 suele tener unas buenas características para ser reutilizado en agricultura, después de su compostaje. A este fango se le denomina también biosólido.

Este sistema de filtrado de bandas tiene ciertas ventajas e inconvenientes.

Entre las ventajas destacan:

- Funcionamiento continuo
- Bajo requerimiento de personal en su operación, aunque frecuentemente se requiere su presencia en el control del adecuado acondicionamiento.
- Bajos costes de inversión.
- Bajo consumo energético.

Y entre los inconvenientes cabe destacar:

- Nivel de captación bajo de sólidos: 94-96 %
- Valores bajos de sequedad de la torta.
- Alto consumo de aditivos de acondicionamiento del lodo.
- Equipo muy sensible a efectos de corrosión y/o abrasión.
- Funcionamiento irregular dependiendo del acondicionamiento.

5.2.2. Tecnologías de tratamiento secundario

Hay que recalcar que el estudio de las distintas alternativas se ha centrado en los distintos tipos de tratamiento secundario que podrían llevarse a cabo en la industria estudiada.

Las aguas salidas del proceso físico de la depuración siguen cargadas con un 42% a un 60% de los sólidos en suspensión que el agua presenta a la entrada de la instalación actual.

Los sólidos eliminados corresponden a flotantes y decantables que, por su densidad con relación a la del agua, pueden separarse por procedimientos físicos.

Los sólidos que permanecen en la masa del agua son sólidos de pequeño tamaño, de densidad próxima a la del agua, o partículas en estado coloidal, cuya separación por procesos físicos es prácticamente imposible.

El objetivo del tratamiento biológico es la eliminación, estabilización o transformación de la materia orgánica, presente en las aguas como sólidos no sedimentables.

La actuación de los microorganismos junto a la materia orgánica ha de ser facilitada. Es necesario poner en contacto los microorganismos y la materia orgánica, buscando una homogeneización adecuada.

Los sistemas técnicos prácticos más homogéneos son:

- Fangos Activos: sistema en el que la materia orgánica se mantiene dentro de la masa del agua en suspensión y homogeneizada, bien por sistemas hidráulicos, mecánicos o inyección de aire.
- Lechos bacterianos: sistema en el que se incorporan elementos soportes, donde se fijan los lodos y los microorganismos, distribuyendo homogéneamente los alimentos (materia orgánica).
- Biodiscos: sistema basado en el desarrollo de un biofilm o biomasa activa que se adhiera al medio soporte, que en este caso está en movimiento al contrario que en los filtros percoladores que está estático, siendo una variante de los lechos bacterianos.

A) *Fangos activos*

El fundamento del sistema es la propiedad que tiene el agua residual, despojada de sus sólidos sedimentables y sometida durante algún tiempo a la inyección ó mezcla de aire finamente dividido, de producir la coagulación de aquellas sustancias en suspensión que, por su estado, son incapaces de sedimentar solas. Esta coagulación determina su sedimentación.

Los efectos producidos por el sistema son:

- Coagulación
- Sedimentación
- Arrastre de bacterias en un 90-98 %
- Estabilización de la materia orgánica
- Oxidación de la materia carbónica

Las técnicas de aireación pueden ser con aire comprimido, con medios mecánicos y por medios mixtos.

El proceso biológico por fangos activos quedará integrado por un reactor biológico y una decantación secundaria. Normalmente ambos escalones del proceso se materializarán en dos tanques o depósitos separados, pero existen soluciones de tanques combinados, e incluso puede pensarse en un único depósito, actuando alternativamente como reactor y como decantador.

Este proceso puede adoptar múltiples variaciones y en consecuencia aparecen varios sistemas funcionales:

✓ Proceso convencional:

La recirculación se realiza en un solo punto, a la entrada en el tanque, y esta mezcla agua-fango va recorriendo el tanque desde la entrada a la salida en forma conocida como flujo en pistón, con una fuerte tasa de crecimiento inicial del cultivo que va descendiendo hacia el final del tanque.

✓ Mezcla completa:

La recirculación se realiza en varios puntos mezclándose con el agua previamente. De esta forma se tiene una concentración homogénea en todo el tanque.

El mismo efecto puede tenerse haciendo la entrada agua-fango en un solo punto, pero manteniendo un sistema de agitación y una disposición de la entrada y la salida, en forma tal que se conserve la homogeneización de la mezcla en todo el tanque.

✓ Alimentación escalonada:

Representa otra forma de mejorar el aprovechamiento en la aireación del agua. En este proceso se regula la alimentación del agua, graduándola a lo largo del tanque con objeto de igualar la carga másica en todo el tanque. La aireación puede hacerse de forma uniforme o también graduada.

✓ Contacto-estabilización:

El tanque de aireación queda dividido en dos partes: una de ellas donde se realiza el contacto o mezcla del agua y el fango, constituye propiamente el tanque de floculación. El segundo tanque, llamado de activación (o de estabilización), recibe el fango recién cogido del decantador, en él se airea sin presencia de sustancias orgánicas de nuevo aporte y, por ello, se agotan las reservas de materia orgánica presente en el proceso. Cuando este fango llega a la cámara de mezcla resulta muy ávido de la materia orgánica del agua residual, acelerándose de forma sensible el proceso.

✓ Aireación prolongada:

Esta variante de fangos activados se realiza con tiempos de retención hidráulica y de retención celular muy elevados. De esta forma, el fango llega a estabilizarse aeróbicamente, debido a los prolongados períodos de aireación y el desequilibrio entre la cantidad de fango en el tanque y la cantidad de materia orgánica que llega (se trabaja con valores muy bajos de la carga másica).

✓ Doble etapa:

Consiste en la utilización de dos procesos convencionales de fangos activos en serie. Resulta de interés este procedimiento en caso de alta carga de DBO5 inicial, obteniéndose altos rendimientos y consumos energéticos más bajos.

✓ Proceso de Kraus:

Representa una variante de fangos activados, especialmente interesante en los casos en los que se presenta una carencia de nutrientes en el agua. Consiste en recircular fango estabilizado aeróbicamente, cuando se ha producido en él un proceso de nitrificación.

✓ Aireación graduada:

Este proceso es una modificación del proceso convencional de flujo en pistón. A lo largo de la longitud del canal, en función de la demanda de oxígeno, se aplican caudales de aireación diferentes. La mayor cantidad de oxígeno se suministra a la entrada del tanque, y las cantidades aportadas disminuye conforme el líquido mezcla se aproxima al extremo de salida. Esta configuración se suele conseguir disponiendo diferentes separaciones entre difusores a lo largo del tanque. El inconveniente de este sistema es que la aireación no es homogénea, es decir, los caudales de aireación son diferentes.

✓ Utilización de oxígeno puro:

En lugar de aire, en el proceso de fangos activados se utiliza oxígeno de gran pureza. El oxígeno se distribuye mediante difusores en tanques de aireación cubiertos y se recicla. Parte del gas se purga para reducir la concentración de dióxido de carbono. También puede ser necesario realizar ajustes del pH. La cantidad de oxígeno añadida es del orden de cuatro veces superior a la cantidad que se puede añadir con los sistemas de aireación convencionales, pero supone un elevado coste.

✓ Proceso Orbal:

Es una variante de fangos activos basado en un sistema multireactor, y está constituido por una serie de canales concéntricos en los que la cantidad de oxígeno necesario es introducido por medio de unos aireadores de disco movidos por una turbina, y que varían en su número de un canal a otro, con objeto de mantener zonas con oxígeno libre y sin oxígeno libre, y por lo tanto zonas de nitrificación y de desnitrificación.

Para conseguir la eliminación de fósforo, es necesario una condición de fuerte déficit de oxígeno libre en el canal exterior (zona de desnitrificación).

B) *Lechos bacterianos*

También son conocidos como filtros percoladores o lechos bacterianos, tienen un rango óptimo de aplicación en poblaciones superiores a los 6000 habitantes equivalentes. Consisten en depósitos rellenos de material de gran superficie específica que sirve de soporte a los microorganismos depuradores, los cuales forman sobre ellos una película de espesor variable.

La línea de tratamiento de una planta de depuración de lecho bacteriano consta de un pretratamiento, decantador primario, lecho bacteriano y decantador secundario con recirculación del efluente final o del efluente del propio lecho.

La superficie necesaria para la instalación de lechos bacterianos es similar a los contactores biológicos rotativos: $0.5-0.7 \text{ m}^2/\text{hab}$.

Los rendimientos que se alcanzan se encuentran en torno al 90% de reducción de DBO_5 y al 95% de sólidos en suspensión.

En este tipo de tratamiento se emplean cultivos biológicos para conseguir una descomposición aeróbica y oxidación de la materia orgánica, pasando a compuestos más estables. Se obtiene así un rendimiento mayor que el alcanzado por una sedimentación primaria, y por una depuración de tipo químico.

En este sistema de depuración biológica de aguas residuales la oxidación se produce al hacer circular, a través de un medio poroso, aire y agua residual. La

circulación de aire se realiza de forma natural o forzada, generalmente a contracorriente del agua.

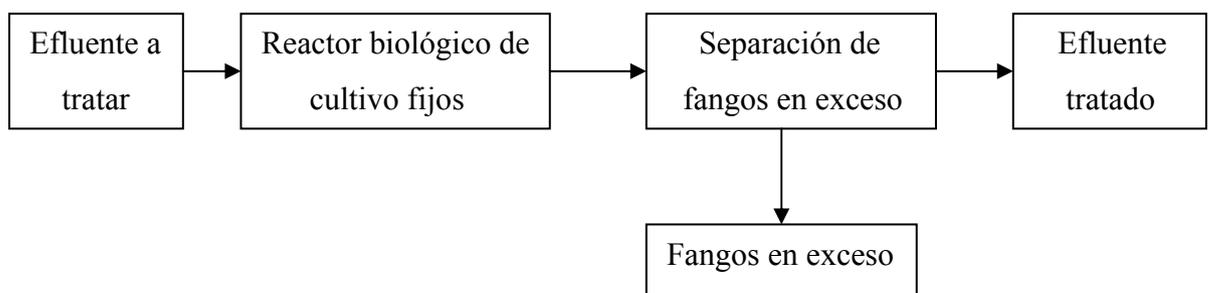
La materia orgánica y sustancias contaminantes del agua son degradadas en una película biológica compuesta por microorganismos, que se desarrollan alrededor de los elementos constitutivos de la masa porosa. Esta película no debe tener más de 3 mm de espesor ya que no se puede asegurar la acción del oxígeno en espesores mayores. La película se forma por adherencia de los microorganismos al árido y a las partículas orgánicas, formando la película. Al aumentar el espesor de ésta entra en anaerobiosis la parte profunda, al no llegar el oxígeno. Se produce conjuntamente una fase aeróbica con desprendimiento de gases y rotura de la película, perdiendo la capacidad de adherencia al medio poroso. Se desprende la película, siendo arrastrada por el agua residual y conducida a la decantación secundaria, donde se producirá la sedimentación.

El empleo de cultivos fijos para la depuración biológica de las aguas residuales es un procedimiento bien conocido. Los avances de este sistema tienden a pasar, del lecho bacteriano por riego sobre relleno natural o plástico, al lecho sumergido y aireado; del relleno de un material granular y poroso, al relleno con materiales soportes especiales.

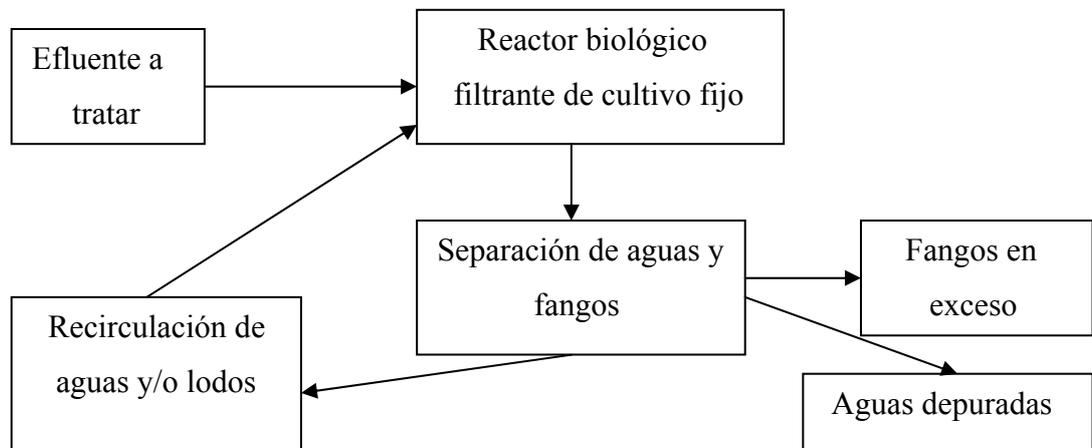
Los cultivos fijos sobre medio granular pueden concretarse en esquemas como los siguientes:

▫ Lecho fijo sin recirculación:

En este esquema de proceso, la masa bacteriana permanece fija en el interior del reactor biológico. Sólo escapan los fangos en exceso. El lecho se mantiene aireado. El material granular debe someterse periódicamente a limpieza.



▫ Lecho fijo con recirculación:



▫ Procedimiento de lecho fluidizado y filtro:

En este procedimiento, el reactor biológico desempeña, además de su papel tradicional, una misión de filtración. En este tipo se produce la inyección de aire para fluidizar el lecho. La zona de filtro en el fondo permite retener los fangos producidos en el interior del reactor, así como las materias en suspensión presentes en el efluente a tratar. De esta forma, el efluente tratado puede verterse directamente, sin que sea necesaria la decantación posterior. Sin embargo es preciso lavar periódicamente este reactor, de forma que se eliminen los fangos en exceso y las materias en suspensión que se acumulan en el mismo.

Puede trabajar el reactor de cultivos fijos a unas concentraciones de microorganismos muy superiores a las que normalmente se admiten en cultivos libres, sin problemas de separación. Es posible funcionar, para un mismo grado de depuración, con unas cargas volúmicas importantes, reduciéndose así el volumen de las instalaciones.

Sin embargo, el empleo de los cultivos fijos plantea ciertos problemas tecnológicos, que limitan el campo de aplicación de estas técnicas.

El material utilizado como soporte de microorganismos, en este tipo de lechos fluidificados está constituido por granos de arena, arcilla, carbón, carbón activo, cuya talla puede ir aproximadamente 0.1 mm a algunos milímetros de diámetro.

Independientemente de su naturaleza, sus materiales constitutivos quedan caracterizados por un cierto número de parámetros, como son:

- Talla efectiva
- Coeficiente de uniformidad
- Forma de los granos (angulosos o redondos)
- Fiabilidad
- Porosidad
- Aptitud para la fluidificación (velocidad mínima de fluidificación, velocidad máxima de fluidificación, etc.)
- Naturaleza de los materiales utilizados

Básicamente, es un sistema parecido al de los contactores biológicos donde el soporte es fijo y el agua residual es la que se desplaza.

En él, como ya hemos dicho, hay un material soporte, donde se alberga y desarrolla la biomasa denominada biopelícula, que degrada la materia orgánica. Estos dos grupos se diferencian, porque en el primero de ellos es el material soporte de la biopelícula quien se mueve en el seno del agua a tratar y en el segundo de los dos procesos de biopelícula, es el agua residual la que fluye a través del medio soporte, que permanece fijo.

Los lechos biológicos pueden presentar los siguientes problemas:

- Olores, problema muy frecuente que indica la existencia de condiciones anaerobias en el lecho por falta de aire.
- Moscas, pudiendo llegar a plantear problemas sanitarios.
- Hay que tener cuidado en aquellos lugares en los que se producen heladas durante una época determinada del año, ya que afectan negativamente al funcionamiento del lecho.

C) Biodiscos

Pueden sustituir a los clásicos tratamientos de lodos activados en sus diferentes formas y a los lechos bacterianos, sobre todo en baja carga.

Se integran dentro de los procesos biológicos realizando una misión similar a las de los lechos estáticos.

El proceso es válido como elemento reductor de la materia orgánica, como elemento de nitrificación y elemento de desnitrificación.

Su funcionamiento puede sintetizarse, indicando que los elementos soporte, integrantes de los biodiscos o biocilindros, se sumergen parcialmente (40%), en las aguas residuales a tratar, contenidas en depósitos por los cuales fluyen las aguas y, girando a baja velocidad (para lo que llevan un moto-reductor que hace que el giro sea lento), exponen, alternativamente al aire y al agua a tratar, dichos elementos soporte que integran el equipo. Una película biológica empieza a desarrollarse sobre sus superficies. Las bacterias se fijan en los discos, de esta forma cuando están fuera del agua toman el oxígeno y cuando está sumergidas el contenido orgánico que contamina el agua, que usan como fuente de alimentación y de crecimiento.

El crecimiento biológico va aumentando hasta un momento en que por el propio proceso biológico, por efecto de la velocidad del agua durante la rotación y por su propio peso, se efectúa el desprendimiento de las capas de la película, que pasa a la suspensión del agua en forma de fango biológico, que se separa en la siguiente etapa (decantación). En cuanto se realiza la separación, empieza inmediatamente un nuevo biocrecimiento de la película o biofilm.

Los biodiscos están formados por:

- Un eje cilíndrico (normalmente de acero al carbono), dispuesto para ser soportado por los extremos.
- Una estructura radial (normalmente de acero inoxidable), ensamblada, capaz de soportar los sectores de los paneles que forman los discos. La estructura debe de estar diseñada de forma que permita la subdivisión del biodisco en etapas.
- Los discos, formados por sectores circulares (lo mejor es que estén realizados en polietileno).
- Un conjunto moto-reductor, calado o no directamente sobre el eje, capaz de funcionar las 24 horas del día.
- Una cúpula o cubierta que tapa el conjunto de cuba, eje y discos.

5.2.3. Selección de alternativas de tratamiento

En esta fase se trata de elegir una serie de alternativas, entre las contempladas, de una manera justificada. Para ello, se confeccionan tantas matrices como efectos se contemplen.

Los efectos se valorarán para cada alternativa seleccionada, bien con cifras o con apreciaciones adimensionales.

Estas valoraciones se traducirán en cifras numéricas entre 0 y 10, que contemplan las situaciones extremas más desfavorables respectivamente, para cada uno de los efectos.

A su vez, en cada matriz se pueden asociar diferentes pesos específicos a cada una de las filas (subefectos), según las circunstancias propias del lugar. Los pesos pueden modificarse a voluntad siempre que se justifique o razone dicho cambio.

Como resumen, se expone para cada solución objeto de estudio, una matriz final de selección (tabla 14), donde se dan diferentes pesos parciales (a_i) a cada uno de los ocho efectos analizados, según las circunstancias específicas del lugar, que conduzca a un ordenamiento razonado entre las alternativas preseleccionadas.

La puntuación total se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$\sum_{i=1}^{i=8} \alpha_{ij} \cdot a_i \quad \text{Ecuación 1}$$

A partir de ella se obtiene, para las alternativas contempladas, una valoración que engloba todos los efectos especificados (A_j):

$$A_j = \frac{\sum_{i=1}^{i=8} \alpha_{ij} \cdot a_i}{\sum_{i=1}^{i=8} a_i} \quad j = 1, \dots, 9 \quad \text{Ecuación 2}$$

Si los pesos asignados a cada efecto han sido razonados y justificados, se elegirá como solución idónea aquella que esté entre las de máxima puntuación.

A) Comparación entre los distintos tratamientos de depuración

De los resultados señalados en las matrices de selección, pueden establecerse las siguientes conclusiones comparativas entre los diferentes sistemas de depuración.

- Simplicidad de Construcción (Tablas 1 y 2):

El movimiento de tierras que se realiza en la fase constructiva de un sistema de tratamiento de aguas residuales, resulta habitualmente simple en su ejecución en la mayoría de los casos, salvo circunstancias especiales debidas a la naturaleza del terreno. De las alternativas expuestas, los sistemas de lagunaje son los sistemas que pueden presentar mayor complejidad en la fase constructiva del movimiento de tierras.

En las variables de obra civil y equipos, los resultados numéricos muestran una marcada diferencia entre los procesos físico-químicos y de aireación prolongada frente al resto de los sistemas. En ambos casos, las bajas valoraciones obtenidas en sus respectivas matrices reflejan la complejidad en la instalación de los equipos mecánicos de dichos sistemas de tratamiento de agua residual.

Tabla 1. Simplicidad de construcción

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat. | Laguna anaerob. | Lecho bacter. | Biodisc. | Aireac. prolong | F-Q |
|-------------|-------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|---------------|----------|-----------------|-----|
| Mov.tierras | MS | C | C | C | C | MS | MS | S | S |
| Obra civil | S | MS | MS | MS | MS | C | C | MC | MC |
| Equipos | MS | MS | MS | MS | MS | C | C | MC | MC |

MS: Muy simple; S: Simple; C: Complicado; MC: Muy complicado

Tabla 2. Valoración de la simplicidad de construcción

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat | Laguna anaero | Lecho bacter. | Biodisc | Aireac. prolon | F-Q | Peso |
|-------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------|----------------|-----|------|
| Mov.tierras | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | 8 | 8 | 10 |
| Obra civil | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 3 | 10 |
| Equipos | 10 | 8 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 3 | 10 |
| TOTAL | 28 | 21 | 25 | 25 | 25 | 20 | 20 | 14 | 14 | 30 |
| NOTA | 9 | 7 | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 5 | 5 | |

MS: 10; S: 8; C: 5

● Explotación y Mantenimiento (Tablas 3 y 4):

El lagunaje es el sistema que ofrece mayor flexibilidad y simplicidad de funcionamiento, y los sistemas más complejos de instalación (aireación prolongada y físico-químico), son también los de mayor complejidad en funcionamiento.

En cuanto a su complejidad en el mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, vuelven a ser la aireación prolongada y el tratamiento físico-químico, los que ocupan la peor situación. Los sistemas de lagunaje requieren menor frecuencia en el control que el resto de los procesos.

Tabla 3. Explotación y Mantenimiento

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat | Laguna anaero | Lecho bacter. | Biodisc | Aireac. prolon | F-Q |
|-------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------|----------------|-----|
| Simpl. func | S | N | MS | MS | MS | C | C | MC | MC |
| Neces. pers | R | R | P | P | P | M | M | M | M |
| Durac. cont | P | R | P | P | P | M | M | M | M |
| Frec. cont | RF | RF | PF | PF | PF | F | F | MF | MF |

MS: Muy simple; S: Simple; N: Normal; C: Complicado; MC: Muy complicado; PP: Poco frecuente; RF: Razonablemente frecuente; F: Frecuente; MF: Muy frecuente; P: Poco; R: Regular; M: Mucho

Tabla 4. Valoración de explotación y mantenimiento

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat | Laguna anaero | Lecho bacter. | Biodisc | Aireac. prolon | F-Q | Peso |
|-------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------|----------------|-----|------|
| Simpl.func. | 8 | 6 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| Neces. pers | 7 | 7 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 |
| Durac. cont | 10 | 7 | 10 | 10 | 10 | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 |
| Frec. Cont | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 8 | 8 | 3 | 3 | 10 |
| TOTAL | 33 | 28 | 40 | 40 | 40 | 20 | 20 | 13 | 13 | 40 |
| NOTA | 8 | 7 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 3 | |

MS: 10; S: 8; N: 6; C: 5; MC: 2 PF: 10; RF: 8; F: 5; MF: 3 P: 10; R: 7; M: 4

- Costos de construcción (Tabla 5):

Los procesos más costosos de implantación son, con diferencia, los de aplicación superficial. Su rango de aplicación se reduce a núcleos muy pequeños, y en nuestro caso, no se encuentran en las alternativas seleccionadas.

Para el resto de los sistemas, el costo de construcción oscila entre 42 €/hab (lagunas anaerobias) y 451 €/hab (aireación prolongada), con un valor medio de 246.5 €/hab.

Tabla 5. Costos de construcción

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat | Laguna anaero | Lecho bacter. | Biodisc | Aireac. prolon | F-Q |
|------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------|----------------|-----|
| 100 | - | - | - | - | - | 1038 | 1902 | 2075 | - |
| 100-200 | - | - | - | - | - | 934 | 1211 | 1072 | - |
| 201-500 | 571 | - | - | - | - | 744 | 623 | 865 | - |
| 501-1000 | 380 | - | - | 277 | - | 588 | 553 | 692 | - |
| 1001-2000 | 346 | 536 | - | 208 | 69 | 519 | 519 | 605 | 519 |
| 2001-5000 | 294 | 450 | - | 173 | 61 | 432 | 450 | 519 | 277 |
| 5001-10000 | 242 | 380 | - | 121 | 35 | 311 | 346 | 432 | 208 |
| > 10000 | 208 | 259 | - | 86 | 35 | 249 | 311 | 380 | 173 |
| VAL. MED | 251 | 348 | - | 125 | 42 | 340 | 374 | 451 | 223 |
| NOTA | 6 | 4 | - | 8 | 9 | 4 | 4 | 2 | 6 |

Coste: €/hab (2006)

- Costos de explotación y mantenimiento (Tabla 6):

Los procesos más costosos en explotación son los de aplicación subsuperficial. Dentro de nuestras alternativas, resultan unos costos de explotación de entre 2 €/hab·año (lagunas anaerobias y lagunas aerobias) y de 28 €/hab·año (aireación prolongada), con un valor medio de 15 €/hab·año.

Tabla 6. Costos de explotación y mantenimiento

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat | Laguna anaero | Lecho bacter. | Biodisc | Aireac. prolon | F-Q |
|------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------|----------------|-----|
| 100 | - | - | - | 14 | - | 61 | 111 | 69 | - |
| 100-200 | 43 | - | - | 12 | - | 43 | - | 62 | 35 |
| 201-500 | - | - | - | - | - | 38 | - | 52 | - |
| 501-1000 | 35 | - | - | 9 | - | 31 | - | 43 | 26 |
| 1001-2000 | - | 38 | 3 | - | 3 | 26 | - | - | - |
| 2001-5000 | 17 | 24 | 2 | - | 2 | 21 | 35 | 31 | 21 |
| 5001-10000 | - | 17 | 1 | 3 | 1 | 17 | 26 | 26 | - |
| > 10000 | 7 | 12 | 0,9 | 3 | 0,9 | 14 | 17 | 22 | 17 |
| VAL. MED | 6 | 10 | 2 | 3 | 2 | 17 | 22 | 28 | 14 |
| NOTA | 9 | 8 | 10 | 10 | 10 | 8 | 8 | 7 | 9 |

Coste: €/hab (2006)

● Rendimientos (Tablas 7 y 8):

De forma global, en los sistemas de aplicación al terreno, tanto superficial como subsuperficial, se alcanzan los niveles más altos de rendimiento en la depuración de aguas residuales y, como sabemos en los tratamientos previos (fosa séptica, tanque Imhoff), se obtienen los rendimientos más bajos.

- DQO, DBO₅: Los valores medios oscilan entre el 75% y el 80%.

- SS: Para los sistemas de estudio, se obtiene una eliminación de SS media del 80%.

Tabla 7. Rendimientos

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat | Laguna anaero | Lecho bacter. | Biodisc | Aireac. prolon | F-Q |
|------------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------|----------------|-------|
| DQO | 60-75 | 70-90 | 50 | 50-85 | 20 | 68-81 | 70-85 | 68-90 | 60-75 |
| DBO ₅ | 60-85 | 60-96 | 65-85 | 60-95 | 50-85 | 60-95 | 70-97 | 85-99 | 50-75 |
| SS | 80-90 | 70-90 | 90 | 49-90 | 60-80 | 52-90 | 75-97 | 83-99 | 65-90 |

Rendimiento: %

Tabla 8. Valoración del rendimiento

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat | Laguna anaero | Lecho bacter. | Biodisc | Aireac. pronon | F-Q | Peso |
|------------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------|----------------|-----|------|
| DQO | 6 | 8 | 5 | 7 | 2 | 7 | 8 | 8 | 7 | 10 |
| DBO ₅ | 7 | 8 | 8 | 8 | 6 | 8 | 8 | 9 | 6 | 10 |
| SS | 8 | 8 | 9 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 | 8 | 10 |
| TOTAL | 23 | 24 | 22 | 22 | 15 | 22 | 25 | 26 | 21 | 30 |
| NOTA | 7 | 8 | 7 | 7 | 5 | 7 | 8 | 9 | 7 | |

● Estabilidad (Tabla 9):

De forma global, los más estables son los procesos de biopelícula y tratamientos convencionales. Los más inestables son los sistemas de lagunaje.

La estabilidad respecto de la temperatura se analiza en función de su incidencia sobre el grado de depuración, siendo el lagunaje el proceso más sensible a sus efectos en el rendimiento, debido a las características propias del sistema.

En cuanto a la calidad del efluente, los procesos de biopelícula y tratamiento convencional (excepto fisico-químico) mantienen una situación intermedia. Los de peor calidad son las lagunas y fisico-químico.

Los más estables frente a las variaciones de caudal y carga son, en este caso, los procesos de lagunaje y físico-químico. Los procesos de biopelícula y convencional (excepto físico-químico) ocupan una situación intermedia.

Tabla 9. Estabilidad

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat | Laguna anaero | Lecho bacter. | Biodisc | Aireac. pronon | F-Q | Peso |
|-----------------------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------|----------------|-----|------|
| Efect. T ^a | 6 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 7 | 10 |
| Turb. eflu. | 5 | 2 | 1 | 3 | 3 | 5 | 5 | 3 | 2 | 10 |
| ΔQ , Δ carga | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| TOTAL | 16 | 15 | 14 | 16 | 16 | 15 | 20 | 18 | 19 | 30 |
| NOTA | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 6 | 6 | |

● Impacto ambiental (Tablas 10 y 11):

La recopilación bibliográfica ha sido la fuente principal de la valoración numérica que se ha obtenido para cada variable. La manera adecuada de obtener un resultado fiable es mediante el estudio pormenorizado de cada caso en particular.

Los sistemas que presentan mejor integración ambiental son los procesos de biopelícula (lechos bacterianos y biodiscos).

Los sistemas que presentan peor integración en el medio natural son los de lagunaje, en especial el anaerobio.

Tabla 10. Impacto ambiental

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat | Laguna anaero | Lecho bacter. | Biodisc | Aireac. pronon | F-Q |
|---------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------|----------------|-----|
| Molest. olor | PN | PA | PN | PN | PF | PA | PA | PA | PN |
| Molest. ruido | PI | PF | PI | PI | PI | PA | PI | PF | PI |
| Molest. insec | PN | PN | PN | PN | PN | PA | PI | PI | PI |
| Integrac. ent | N | N | N | N | N | M | M | M | M |
| Riesgo salud | Me | Me | Me | A | Ba | Ba | Ba | Ba | Ba |
| Efectos suelo | PI | PN | PN | PN | PN | PI | PI | PI | PI |

B: Buena; N: Normal; M: Mala; PI: Problema inexistente; PA: Problema atípico; PN: Problema normal; PF: Problema frecuente; A: Alto; Me: Medio; Ba: Bajo

Tabla 11. Valoración de impacto ambiental

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat | Laguna anaero | Lecho bacter. | Biodisc | Aireac. pronon | F-Q | Peso |
|---------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------|----------------|-----|------|
| Molest. olor | 5 | 8 | 5 | 5 | 2 | 8 | 8 | 8 | 5 | 10 |
| Molest. ruido | 10 | 2 | 10 | 10 | 10 | 8 | 10 | 3 | 10 | 10 |
| Molest. insec | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Integrac. ent | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 4 | 4 | 5 | 4 | 10 |
| Riesgo salud | 7 | 7 | 7 | 7 | 4 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Efectos suelo | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| TOTAL | 44 | 34 | 39 | 39 | 33 | 48 | 52 | 44 | 49 | 60 |
| NOTA | 7 | 6 | 6 | 6 | 5 | 8 | 9 | 8 | 8 | |

B: 10; N: 7; M: 4; PI: 10; PA: 8; PN: 5; PF: 2; A: 4; Me: 7; Ba: 10

- Producción de fangos (Tablas 12 y 13):

La producción y tratamiento de lodos en un proceso de depuración de aguas residuales, muchas veces absorbe una gran parte de los costos de explotación, por lo que deben considerarse prioritarios aquellos sistemas donde la producción de fango sea menor.

Los sistemas donde se produce la mayor cantidad de fangos son la aireación prolongada y, sobre todo, el tratamiento físico-químico (6-25 l/m³ A.R.).

Los sistemas de lagunaje presentan la ventaja, debido a sus grandes dimensiones, de almacenar los fangos producidos en el tiempo, llegándose a su mineralización y evacuación posterior cada cierto número de años.

En los procesos de biopelícula, la producción es inferior a la que se obtiene en los tratamientos convencionales; y algo mayor que en el lagunaje.

Tabla 12. Producción de fangos

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat | Laguna anaero | Lecho bacter. | Biodisc | Aireac. pronon | F-Q |
|--------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------|----------------|------|
| Produc. fang | 0.5-1 | 1-2.5 | 1-2 | 1.2-1.6 | 0.4-0.7 | 1-3 | 3-4 | 3-7 | 6-25 |

Producción : l/m³ A.R.

Tabla 13. Valoración de la producción de fangos

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat | Laguna anaero | Lecho bacter. | Biodisc | Aireac. pronon | F-Q | Peso |
|-------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------|----------------|-----|------|
| TOTAL | 10 | 9 | 9 | 9 | 10 | 9 | 8 | 7 | 1 | 10 |
| NOTA | 10 | 9 | 9 | 9 | 10 | 9 | 8 | 7 | 1 | |

B) Matriz final de selección

Como resumen, se expone la matriz final de selección (Tabla 14), que engloba a todas las soluciones objeto de estudio y donde se dan diferentes pesos parciales (α_i) a cada uno de los ocho efectos (α_{ij}) analizados.

Como ya se comentó anteriormente, los pesos pueden modificarse a voluntad, siempre que se razone o justifique, según las circunstancias específicas del lugar, que conduzca a un ordenamiento razonado entre las alternativas preseleccionadas.

En este caso, los pesos se valoran del 1 al 5, según la menor o mayor importancia del efecto en cuestión para la empresa en cuestión y la zona de vertido. En el caso que nos ocupa, los efectos más valorados son: Impacto ambiental, Rendimiento y Estabilidad, dando a los otros factores un orden de prioridad secundario, y por tanto, menor valoración.

Tabla 14. Matriz final de selección

| | Lecho turba | Laguna aireada | Laguna aerobia | Laguna facultat | Laguna anaero | Lecho bacter. | Biodisc | Aireac prolon | F-Q | Peso (a _i) |
|------------------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|------------|---------------|-----|------------------------|
| Simpl.constr | 9 | 7 | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 5 | 5 | 1 |
| Explot.Mant | 8 | 7 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 3 | 3 | 1 |
| Cost.Constr | 6 | 4 | - | 8 | 9 | 4 | 4 | 2 | 6 | 2 |
| Cost.Explot. Mantenim. | 9 | 8 | 10 | 10 | 10 | 8 | 8 | 7 | 9 | 1 |
| Rendimiento | 7 | 8 | 7 | 7 | 5 | 7 | 8 | 9 | 7 | 5 |
| Estabilidad | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 6 | 6 | 5 |
| Imp.Ambient | 7 | 6 | 6 | 6 | 5 | 8 | 9 | 8 | 8 | 5 |
| Prod.fangos | 10 | 9 | 9 | 9 | 10 | 9 | 8 | 7 | 1 | 3 |
| TOTAL | 163 | 152 | 145 | 161 | 151 | 155 | 172 | 155 | 137 | 23 |
| NOTA | 7 | 6.6 | 6.3 | 7 | 6.6 | 6.7 | 7.5 | 6.7 | 6 | |

Como se puede comprobar, las tecnologías de tratamiento de mayor peso son biodiscos, laguna facultativa, lecho turba y bacteriano y aireación prolongada, y por tanto serán éstas, las tecnologías que más y mejor se ajusten a los requerimientos de la industria.

5.2.4. Estudio de alternativas preseleccionadas

En la selección de las alternativas, además del mayor peso en la matriz de selección final, se han considerado variables tales como el espacio disponible y la adaptabilidad a la actual planta y la posibilidad de futuras modificaciones, por lo que, las alternativas estudiadas, no necesariamente, son las de mayor puntuación. Se han estudiado las siguientes alternativas:

- Aireación prolongada
- Lechos bacterianos
- Biodiscos

Es necesario resaltar que no es necesario aplicar pretratamiento alguno, ya que las características del agua residual a tratar y su procedencia, hacen que se pueda prescindir del mismo.

Alternativa 1: Aireación prolongada

En este proceso la biomasa se encuentra en respiración endógena, es decir que la edad del fango es lo suficientemente alta, como para que la concentración de sustrato sin asimilar sea baja. Los rendimientos y consumos de oxígeno son altos. El efluente se retiene en el reactor durante mucho tiempo (se trabaja con valores de carga másica muy bajos).

A) *Reactor de aireación prolongada*

El cálculo del reactor biológico se ha efectuado siguiendo las recomendaciones de Aurelio Hernández Lehmann (2002).

Los datos de partida son los siguientes:

Caudal de diseño.

| | Qmed |
|---------------------|------|
| l/s | 5.55 |
| m ³ /h | 20 |
| m ³ /día | 284 |

Los parámetros de diseño se recogen a continuación:

| Parámetros | Valor recomendado | Valor adoptado |
|---|-------------------|----------------|
| Edad del fango (días) | > 20 | 25 |
| tr (h) | 16 – 24 | 24 (para Qmed) |
| Carga volúmica (kg DBO ₅ /m ³ /día) | 0.05 – 0.15 | |
| Carga másica (kg DBO ₅ /kg MLSS/día) | 0.16 – 0.35 | |
| MLSS (ppm) | 3000 – 6000 | 4000 |

El volumen del reactor se calcula para el caudal medio y un tiempo de retención de 24 horas. Con este resultado se comprueban el resto de los parámetros.

Volumen del reactor de aireación.

Viene determinado por la relación entre el tiempo de retención y el caudal.

$$V \text{ (m}^3\text{)} = \text{Tr (h)} \cdot \text{Qmed (m}^3\text{/h)}$$

$$V = 24 \cdot 20 = 480 \text{ m}^3$$

Los valores adoptados, fijando 3.0 m de altura, acorde con la bibliografía, y teniendo en cuenta el sobredimensionado, son los siguientes:

- Altura: 3.0 m.
- Longitud: 20 m.
- Ancho: 10 m.
- Volumen real: 600 m³

Concentración de sólidos en suspensión en el reactor.

Viene dada por la expresión:

$$SS = (SSo \cdot (1 - V1) + (Y \cdot (So - S))) / (1 + V2 \cdot kd \cdot Ef) \cdot (Ef / \text{Tr})$$

donde:

- SSo: concentración inicial de SS (ppm) = 729 ppm
- So: concentración inicial de DBO₅ (ppm) = 800 ppm
- S: concentración final de DBO₅ (ppm) = 52.08 ppm
- Tr: tiempo de retención (h) = 24 h = 1 día
- Ef: edad del fango (días) = 25 días
- V1: fracción de SSV en el efluente = 0.70
- V2: fracción de SSV en el efluente = 0.70

Como coeficientes cinéticos se adoptan valores típicos según bibliografía:

$$Y = 0.60 \text{ (mg SSV/ mg DBO}_5\text{)}.$$

$$K_d = 0.06 \text{ (d}^{-1}\text{)}$$

entonces:

$$SS = (729 \cdot (1 - 0.70) + 0.60 + (800 - 52.08)) / (1 + 0.70 \cdot 0.06 \cdot 25) \cdot (25/1) \Rightarrow$$

$$SS = 18.87 \text{ ppm}$$

Concentración de fangos en la recirculación.

Viene dado por la expresión:

$$SS_r = SS \cdot (1 + r) / r$$

donde:

- SS: concentración de sólidos en el reactor (ppm) = 18.87 ppm
- r: recirculación = 1,

entonces:

$$SS_r = 18.87 \cdot (1 + 1)/1 = 37.74 \text{ ppm.}$$

Comprobación de carga másica.

Viene dado por la expresión:

$$\begin{aligned}C_m &= (S_o - S) / (Tr \cdot SS) \\ &= 800 - 52.08 / 1 \cdot 18.87 = 45.15 \text{ kg DBO}_5/\text{kg MLSS día.}\end{aligned}$$

Comprobación de carga volúmica.

Viene dada por la expresión:

$$\begin{aligned}C_v &= (\text{DBO elim}) / V = (S_o - S) / V \\ C_v &= 1.295 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3 \text{ día.}\end{aligned}$$

Consumo de oxígeno.

El consumo de oxígeno se estima en 2160 kg O₂ /día, según recomendación bibliográfica del "Manual de depuración Uralita", valor al que se aplica un coeficiente de mayoración de 0.88, por lo que la necesidad de O₂ real asciende a:

$$O_2 \text{ real} = 2160 \text{ kg O}_2 / \text{día} / 0.88 = 2454.55 \text{ kg O}_2 / \text{día.}$$

Potencia a instalar.

Se va a determinar la potencia de las turbinas de aireación del tanque; para ello se adopta un coeficiente de transferencia de las turbinas $\Rightarrow k_t = 2 \text{ Kg O}_2/\text{kw h.}$

Cálculo de la potencia:

$$Potencia = \frac{O_2 \text{ necesario}}{k_t \cdot 24} = \frac{2454.55}{2 \cdot 24} = 51.2 \text{ kw}$$

Se adoptan 2 turbinas de 30 kw cada una, de modo que la potencia total instalada asciende a $\Rightarrow P_{\text{total instalada}} = 60 \text{ kw}$.

Carga contaminante salida reactor Aireación Prolongada.

Teniendo en cuenta la reducción de la contaminación en el tratamiento físico, las cantidades de DBO_5 y SS que obtenemos del tratamiento biológico son:

| | Influente | | Salida Reactor Aireación Prolongada | |
|----------------|-----------|--------|-------------------------------------|--------|
| | ppm | Kg/día | ppm | Kg/día |
| DBO_5 | 800 | 768 | 52.08 | 50.7 |
| SS | 729 | 700 | 729 | 700 |
| SSV | 70% | | | |
| SSF | 30% | | | |

B) Decantador secundario

Siguiendo las recomendaciones de Aurelio Hernández Lehmann (2002).

Caudal de diseño.

| | l/s | m^3/h | $\text{m}^3/\text{día}$ |
|------------------|------|-----------------------|-------------------------|
| Q_{med} | 5.55 | 20 | 480 |

Otros parámetros de diseño adoptados son los siguientes:

| | Q_{med} | Q_{max} | Valor adoptado |
|--|------------------|------------------|----------------|
| Cargas/vertedero ($\text{m}^3/\text{h/ml}$) | < 4.00 | < 9.00 | |
| Carga de sólidos ($\text{kg}/\text{m}^2/\text{día}$) | < 4.20 | < 7.00 | |
| Tr (h) | > 3.60 | > 1.70 | 3.60 |
| V_{asc} ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$) | < 0.70 | < 1.50 | 0.70 |

Cálculo de la superficie horizontal.

Se realiza el cálculo de la superficie necesaria para Qmed:

$$V_{asc} = \frac{Q_{med}}{S_H} \Rightarrow S_H = \frac{20}{0.7} = 28.57 \text{ m}^2$$

Cálculo del volumen del decantador.

El volumen según el tiempo de retención a Qmed será:

$$t_R = \frac{V}{Q_{med}} \Rightarrow V = t_R \cdot Q_{med} = 3.60 \cdot 20 = 72 \text{ m}^3$$

Relaciones dimensionales.

Teniendo en cuenta un cierto coeficiente de seguridad, las dimensiones del decantador serán:

- Superficie unitaria real: 38.48 m^2 .
- Radio del decantador: $\pi \cdot r^2 = 38.48 \Rightarrow r = 3.5 \text{ m}$.
- Volumen unitario real: 115.45 m^3
- Altura del decantador: $h = V/S = 115.45/38.48 = 3.0 \text{ m}$, se adopta una pendiente de solera del 8%.
- Pendiente = $hc \cdot 100/3.5 = 8\% \Rightarrow hc = 0.28 \text{ m}$.
- Altura recta sobre vertedero, hrv:
 $hrv = h - hc = 3.0 - 0.28 = 2.72 \text{ m}$.

Rendimiento de eliminación de SS.

Se evalúa del siguiente modo:

$$R = 100 \cdot \left(1 - \left(\frac{SS_{salida}}{SS_{entr}}\right)\right) = 100 \cdot \left(1 - \left(\frac{30}{700}\right)\right) = 95.7\%$$

Las **características geométricas** del decantador secundario son:

- Dreal: 7.0 m
- hreal: 3.0 m
- Área: 38.48 m²
- Volumen: 115.45 m³
- N° unidades: 1

Carga contaminante a la salida del decantador 2º.

El caudal de agua que llega al decantador secundario procedente del tanque de aireación prolongada tiene la siguiente contaminación al salir del mismo, sabiendo que la reducción de contaminación es del 95.7%:

| | Salida Decantador 2º | | Salida Efluente (RD 509/1996) | |
|------------------|-------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| | Kg/día | ppm | Kg/día | ppm |
| DBO ₅ | 22.4 | 23 | 24 | 25 |
| SS | 30 | 31 | 33.6 | 35 |

Alternativa 2: Lechos bacterianos

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

La materia orgánica y las sustancias contaminantes del agua son degradadas en una película biológica compuesta por microorganismos, que se desarrollan alrededor de los elementos constitutivos de la masa porosa que son el material soporte de la película. Esta película no debe tener más de 3 mm de espesor ya que no se puede asegurar la acción del oxígeno en espesores mayores.

Los rendimientos que se alcanzan se encuentran en torno al 90% de reducción de DBO₅ y al 95% de sólidos en suspensión.

Para el diseño de esta alternativa también se seguirán las recomendaciones del autor Aurelio Hernández Lehmann (2002).

A) Decantador primario

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

El diseño del decantador primario para los lechos bacterianos es idéntico al realizado en la alternativa 3 (CBR).

Según lo cual, las **características geométricas** del decantador primario son:

- Diámetro: 5.60 m
- Altura: 2.50 m
- Volumen: 61.57 m³
- N° unidades: 1 (decantador circular)

Carga contaminante a la salida del Decantador 1°.

Teniendo en cuenta la reducción de contaminación tras el tratamiento físico (pretratamiento y decantación primaria), las cantidades de DBO₅ y SS que pasan al tratamiento biológico serán las recogidas en la tabla que sigue a continuación.

El rendimiento estimado para el decantador primario será:

⇒ Reducción del 35 % de DBO₅.

⇒ Reducción del 55% de SS.

⇒ Reducción del 36% de DQO.

| | Influyente | Reducción Tratamiento primario | Entrada Lechos Bacterianos |
|---------------------------|------------|--------------------------------|----------------------------|
| DBO ₅ (Kg/día) | 768 | 35% | 499.2 |
| SS (Kg/día) | 700 | 55% | 315 |
| DQO (kg/día) | 1152 | 36% | 737.28 |

B) Tratamiento biológico

Se van a dimensionar los lechos bacterianos utilizando como material de relleno un material pétreo, como recomienda la bibliografía consultada.

Caudal de diseño.

| | l/s | m ³ /h | m ³ /día |
|------|------|-------------------|---------------------|
| Qmed | 5.55 | 20 | 480 |

El diseño se ha realizado según las recomendaciones de Aurelio Hernández Lehmann (2002).

Los parámetros de diseño, para lechos de alta carga, vienen reflejados en la siguiente tabla:

| Parámetros | Valores recomendados | Valores adoptados |
|---|----------------------|-------------------|
| Carga hidráulica, C_H (m ³ /m ² ·h) | 0.38-2.00 | |
| Carga volúmica (Kg DBO ₅ / m ³ ·d) | 0.5-5 | |
| Recirculación del efluente | 1.1-4 | 2.5 |
| Profundidad de los lechos | 0.5-1.2 | 1.0 |
| Carga sobre vertedero (m ³ /h m) | ≤ 8.5 | ≤ 15 |
| Produce. de fangos (Kg SS/Kg DBO ₅ elim) | 0.35-0.55 | 0.5 |

Se adopta un tratamiento de lechos de doble etapa y de alta carga, con un rendimiento conjunto del 95%, evaluando un rendimiento por etapa de modo que sea idéntico en ambos casos:

$$\Rightarrow 1^{\text{a}} \text{ etapa - rendimiento} = 0.776$$

$$\Rightarrow 2^{\text{a}} \text{ etapa - rendimiento} = 0.776$$

Factor de recirculación.

Según la tabla anterior de los parámetros de diseño, adoptamos un coeficiente de recirculación para ambas etapas de $r = 1.5$

El factor de recirculación viene dado según la expresión:

$$F_1 = \frac{1+r}{(1+0.1 \cdot r)^2} = \frac{1+0.75}{(1+0.1 \cdot 0.75)^2} = 1.9$$

del mismo modo se calcula $\Rightarrow F_2 = 1.9$

Volumen de los lechos.

Para evaluar el volumen de los lechos bacterianos se aplica una expresión relacionada con el rendimiento de cada etapa; el término T_c corresponde a un factor de corrección de la temperatura, ya que la temperatura del agua a la entrada es de aproximadamente 20°C , pero puede disminuir su valor hasta en 5°C .

$$E_1 = \frac{1}{1 + 0.4425 \cdot \sqrt{\frac{W}{V_1 \cdot F_1}}} \cdot T_c$$

$$E_2 = \frac{1}{1 + \frac{0.4425}{1 - E_1} \cdot \sqrt{\frac{W'}{V_2 \cdot F_2}}} \cdot T_c$$

Donde:

E_1 - rendimiento de eliminación de la DBO en la 1ª etapa = 0.776

E_2 - rendimiento de eliminación de la DBO en la 2ª etapa = 0.776

W - carga de DBO aplicada en la 1ª etapa, (Kg/d) = 499.2 Kg/d

W' - carga de DBO aplicada en la 2ª etapa, (Kg/d) \Rightarrow

$$W' = (1 - E_1) \cdot W = 111.8 \text{ Kg/día}$$

V - volumen de lecho, (m^3)

F - factor de recirculación: $F_1 = 1.52$, $F_2 = 1.52$

T_c - factor corrección de la temperatura: $T_c = 1.15$

Aplicando los datos de diseño a estas expresiones, y despejando el volumen de lecho, se obtiene:

$V_1 = 2.8 \text{ m}^3$, volumen de los lechos de la 1ª etapa.

$V_2 = 130.4 \text{ m}^3$, volumen de los lechos de la 2ª etapa.

Dimensiones de los lechos.

Se determinará la superficie necesaria por lecho, el radio y la altura del mismo.

1ª etapa. Se fija la altura del lecho en $h = 1.0 \text{ m}$, según recomendación bibliográfica, por tanto, la superficie y diámetro del mismo serán $\Rightarrow A = 250 \text{ m}^2 \Rightarrow D = 17.84 \text{ m}$.

Se adopta un diámetro normalizado de: $D = 18.00 \text{ m}$, que supone un área de 254.4 m^2 . Por tanto, las dimensiones de la primera etapa son:

- $h_{1 \text{ real}} = 1.0 \text{ m}$.

- $D_{1 \text{ real}} = 18.0 \text{ m}$

- $A_{1 \text{ real}} = 254.4 \text{ m}^2$

2ª etapa. De igual modo se determinan las dimensiones del segundo lecho. En este caso se fija una altura de lecho de $\Rightarrow h = 1.5 \text{ m}$, por tanto, la superficie del lecho será:

$A_2 = V_2/h = 1115/1.5 = 743.33 \text{ m}^2$, que supone un diámetro de 30.77 m .

Se adopta un diámetro normalizado de 31 m , por lo cual la superficie real es 754.4 m^2 , por tanto, las dimensiones de la segunda etapa son:

- $h_{2 \text{ real}} = 1.5 \text{ m}$.

- $D_{2 \text{ real}} = 31.0 \text{ m}$

- $A_{2 \text{ real}} = 754.4 \text{ m}^2$

Comprobación de carga, C_V

Se comprueba la carga volúmica para cada uno de los lechos:

1ª etapa $C_V = K_g \text{ DBO}_5/d / V_{\text{lecho } 1} = 499.2 / 2.8 = 178 \text{ Kg DBO}_5/\text{m}^3 \text{ d}$

$$2^{\text{a}} \text{ etapa } C_V = \text{Kg DBO}_5/\text{d} / V_{\text{lecho } 2} = 499.2 (1 - 0.776) / 130.4 = 0.85 \text{ KgDBO}_5/\text{m}^3\text{d}$$

La carga orgánica que soporta cada lecho es válida, para lechos de alta carga, según la tabla II.6.2.1 del libro de Aurelio Hernández Lehmann (2002).

Comprobación de carga, C_H

Se comprueba la carga hidráulica para cada uno de los lechos:

$$1^{\text{a}} \text{ etapa. } C_H = Q_{\text{max}}(1 + r) / A_1 = 4.8 (1 + 1.5) / 254.4 = 0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$$

$$2^{\text{a}} \text{ etapa. } C_H = Q_{\text{max}}(1 + r) / A_2 = 4.8 (1 + 1.5) / 754.4 = 0.02 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$$

La carga orgánica que soporta cada lecho es válida, para lechos de alta carga, según la tabla II.6.2.1 del libro de Aurelio Hernández Lehmann (2002).

Cantidad de relleno necesaria.

Las características del relleno de los lechos (mat. pétreo), que se va a emplear son:

- Diámetro = 5 - 10 cm
- Densidad = 1440 Kg/m³
- Superficie específica = 40 m²/m³
- Índice de huecos = 60%

La masa de relleno que es necesaria se calcula:

$$1^{\text{a}} \text{ etapa } Mr_1 = A_1 \cdot (1 - 0.60) \cdot \rho = 250 \cdot (1 - 0.60) \cdot 1440 = 146534 \text{ Kg}$$

$$\Rightarrow Mr_1 = 144000 \text{ Kg}$$

$$2^{\text{a}} \text{ etapa } Mr_2 = A_2 \cdot (1 - 0.60) \cdot \rho = 1115 \cdot (1 - 0.60) \cdot 1440 = 642240 \text{ Kg}$$

$$\Rightarrow Mr_2 = 642240 \text{ Kg}$$

Superficie de contacto, Sc .

Se evalúa haciendo uso de la superficie específica, $Se = 40 \text{ m}^2/\text{m}^3$:

$$1^{\text{a}} \text{ etapa. } Sc_1 = Se \cdot V_1 = 40 \text{ m}^2/\text{m}^3 \cdot 2.8 \text{ m}^3 = 11.2 \text{ m}^2$$

$$2^{\text{a}} \text{ etapa. } Sc_2 = Se \cdot V_2 = 40 \text{ m}^2/\text{m}^3 \cdot 130.4 \text{ m}^3 = 5216 \text{ m}^2$$

Fangos producidos en los lechos.

En el lecho bacteriano de alta carga se producen 0.5 Kg SSV/Kg DBO_{5elim}, por tanto, el caudal de fangos generados en este tratamiento es de:

$$Px \text{ (SSV)}_{\text{lecho}} = \frac{(499.2 \text{ KgDBO/día} \cdot 0.95 \cdot 0.5 \text{ KgSSV/KgDBO}_{5_{\text{elim}}} \cdot 1000)}{681.6 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$Px \text{ (SSV)}_{\text{lecho}} = 347.9 \text{ Kg/m}^3.$$

Carga contaminante a la salida de los lechos bacterianos.

El rendimiento estimado para los lechos será del 95% de DBO₅ (77.6% en cada etapa), por tanto, a la salida del mismo, la carga contaminante del agua residual será la indicada en la tabla:

| | Influyente | Reducción Lechos Bacterianos | | Entrada Decantador 2° |
|---------------------------|------------|------------------------------|----------|-----------------------|
| | | 1ª etapa | 2ª etapa | |
| DBO ₅ (Kg/día) | 499.2 | 77.6% | 77.6% | 111.82 |
| SS (Kg/día) | 315 | - | - | 315 |
| DQO (kg/día) | 737.28 | - | - | 737.28 |

C) Decantador secundario

La función de estos tanques de sedimentación que siguen a los lechos bacterianos es la producción del efluente clarificado. La diferencia respecto a los decantadores secundarios de un proceso de fangos activados es la ausencia de recirculación de fangos. Todo el fango extraído del decantador de los lechos bacterianos, se conduce a las instalaciones de tratamiento de fangos.

Los parámetros de diseño para esta etapa son:

| Parámetros | Valores adoptados | |
|---|-------------------|-------|
| | Qmed | Qmax |
| Velocidad ascensorial (m ³ /m ² ·h) | 1.5 | 1.9 |
| Carga de sólidos (Kg /m ² ·h) | 2.9 - 4.9 | ≤ 7.8 |
| Tiempo de retención (h) | 2.5 | 1.5 |
| Carga sobre el vertedero (m ³ /h m _{lineal}) | ≤ 8.5 | ≤ 15 |
| Altura recta sobre el vertedero | 3.0 ≤ h ≤ 3.6 m | |

Cálculo de la superficie horizontal.

Se realiza el cálculo de la superficie necesaria para Qmed:

$$V_{asc} = Q_{med}/S_H \Rightarrow S_H = 20/1.5 = 13.3 \text{ m}^2$$

Cálculo del volumen del decantador.

El volumen según el tiempo de retención a Qmed será:

$$t_R = V_{tot}/Q_{med} \Rightarrow V = 2.50 \cdot 20 = 50 \text{ m}^3$$

Relaciones dimensionales.

Teniendo en cuenta un coeficiente de seguridad, las dimensiones del decantador serán:

- Superficie unitaria: 25 m².
- Radio del decantado: $\pi \cdot r^2 = 25 \Rightarrow r = 2.82 \text{ m}$.
- Volumen real: 62.5 m³
- Altura del decantador: $h = V/S = 62.5/25 = 2.5 \text{ m}$, se adopta una pendiente de solera del 8%.

- Pendiente = $hc \cdot 100/2.82 = 8\% \Rightarrow hc = 0.225 \text{ m}$.

- Altura recta sobre vertedero, hrv:

$$hrv = h - hc = 2.5 - 0.225 = 2.27 \text{ m}.$$

Según lo expuesto, las dimensiones del decantador secundario para lechos bacterianos son:

- $D = 5.64 \text{ m}$

- $h = 2.5 \text{ m}$

- $A_{\text{real}} = 25 \text{ m}^2$

- $V_{\text{real}} = 62.5 \text{ m}^3$.

Comprobación de carga sobre vertedero.

$$C_{\text{vert}} = Q_{\text{med}}/\text{Long.vertedero} = 20/(2 \cdot \pi \cdot 2.82) = 1.12 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}_{\text{lineal}}$$

Se comprueba que la carga sobre el vertedero es mucho menor de $15 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$ y por tanto, válida, según la tabla anterior en la que se reflejan los parámetros de diseño.

Rendimiento de eliminación de SS.

Se evalúa del siguiente modo:

$$R = 100 \cdot (1 - (\text{SS}_{\text{salida}}/\text{SS}_{\text{entr}})) = 100 \cdot (1 - (30/315)) = 90.47 \%$$

Producción de fangos.

La producción de fangos se determina a partir de valores experimentales recogidos en la tabla II.6.2.7 del texto consultado para el dimensionamiento.

1ª etapa. $P_x = 0.5 \text{ Kg fango/ Kg DBO eliminada}$.

Los Kg de DBO_5 eliminada son: $0.776 \cdot 499.2 = 397.4 \text{ Kg}$

Por tanto:

$$P_x = 0.5 \cdot 397.4 = 193.7 \text{ Kg SS/ d}$$

2ª etapa. $P_x = 0.5 \text{ Kg fango/ Kg DBO eliminada.}$

Los Kg de DBO_5 eliminada son: $0.776 \cdot 157.3 = 122.1 \text{ Kg}$

Por tanto:

$P_x = 0.5 \cdot 122.1 = 61.1 \text{ Kg SS/ d}$

Alternativa 3: Biodiscos

Es un proceso biológico de película fija. Los elementos soporte integrantes de los biodiscos se sumergen parcialmente (40%), en las aguas residuales a tratar contenidas en depósitos, por los cuales fluyen las aguas y girando a baja velocidad, exponen, alternativamente, al aire y al agua a tratar.

A) Decantador primario

Se trata del primer sistema de tratamiento de la instalación y el objetivo fundamental de la decantación primaria es la eliminación de los sólidos sedimentables, ya que la mayor parte de las sustancias en suspensión en las aguas residuales no puede retenerse en las rejillas, desarenadores y cámaras de grasas debido a su densidad o pequeño tamaño.

La reducción de velocidad de corriente por debajo de un determinado valor, es el fundamento de la eliminación de un porcentaje - entre el 50 y 60% - de los SS. Éstos en su sedimentación arrastran una cierta cantidad de bacterias, con lo que también se produce una reducción de la DBO_5 y una cierta depuración biológica.

Caudal de diseño.

| | Qmed |
|-------------------------|------|
| l/s | 5.55 |
| m^3/h | 20 |
| $\text{m}^3/\text{día}$ | 480 |

Tiempo de retención.

El tiempo de retención se define como el cociente entre el volumen del tanque de decantación y el caudal a tratar:

$$t_R = V/Q$$

Los intervalos adecuados según el caudal (sea el medio ó el máximo), están tabulados:

| Tiempo de retención (h) | | |
|-------------------------|--------|--------|
| | Mínimo | Máximo |
| Qmed | 1.50 | 3.00 |
| Qmax | 1.00 | 2.00 |

Velocidad ascensional.

La velocidad ascensional se define como el cociente entre el caudal a tratar y la superficie de decantación; de esta expresión se obtiene la superficie de decantación:

$$V_{asc} = Q/S$$

Los valores de la velocidad ascensional adecuados para caudal medio y máximo están tabulados:

| Velocidad ascensional (m ³ /m ² /h) | | |
|---|--------|--------|
| | Mínimo | Máximo |
| Qmed | 1.00 | 2.00 |
| Qmax | 2.00 | 3.00 |

Relaciones entre las dimensiones del decantador.

En decantadores circulares de flujo vertical las dimensiones que se toman son:

- Altura (h) < 3m
- Diámetro (D) ≤ 40 m

Los parámetros de diseño finalmente adoptados son los siguientes:

| | Qmed | Qmax |
|--|------|------|
| tr (horas) | 2.94 | 1.23 |
| V _{asc} (m ³ /m ² /h) | 1.00 | 2.37 |

Cálculo de la superficie horizontal.

- Se realiza el cálculo de la superficie necesaria para Qmed:

$$V_{asc} = Q_{med}/S_H \Rightarrow S_H = 20/1 = 20 \text{ m}^2$$

Cálculo del volumen del decantador.

- El volumen según el tiempo de retención a Qmed será:

$$t_R = V/Q_{med} \Rightarrow V = 2.94 \cdot 20 = 58.8 \text{ m}^3$$

Relaciones dimensionales:

Superficie unitaria: 20 m².

Radio del decantador: $\pi \cdot r^2 = 20 \Rightarrow r = 2.52 \text{ m}$.

Volumen unitario: 50 m³

Altura recta en vertedero: $h = V/S = 50/20 = 2.5 \text{ m}$.

Las **características geométricas** del decantador primario teniendo en cuenta un cierto margen de seguridad son:

Diámetro: 2.8 m

Altura: 2.5 m

Volumen: 61.57 m³

Nº unidades: 1

Carga contaminante a la salida del decantador 1º.

El rendimiento estimado para el decantador primario será:

⇒ Reducción del 49 % de DBO₅.

⇒ Reducción del 55% de SS.

⇒ Reducción del 36% de DQO.

por tanto a la salida del mismo la carga contaminante del agua residual será la indicada en la tabla:

| | Influente | Reducción tratamiento primario | Entrada tratamiento biológico |
|---------------------------|-----------|--------------------------------|-------------------------------|
| DBO ₅ (kg/día) | 768 | 49% | 391.68 |
| SS (kg/día) | 700 | 55% | 315 |
| DQO (kg/día) | 1152 | 36% | 737.28 |

B) Tratamiento biológico

Para el diseño de esta alternativa se seguirán las recomendaciones del autor Aurelio Hernández Lehmann (2002)

Para el dimensionamiento se adoptará el método recomendado por el CEDEX avalado por la experiencia de algunas instalaciones que actualmente funcionan en España.

Caudal de diseño.

| | Qmed |
|---------------------|------|
| l/s | 5.55 |
| m ³ /h | 20 |
| m ³ /día | 480 |

Superficie necesaria de biodisco.

La superficie de biodisco necesaria se obtiene aplicando el método propuesto por el CEDEX, como se había apuntado anteriormente, cuya fórmula es:

$$A = \frac{Q \cdot (S_0 - S)}{R_c} \cdot T_c \cdot P$$

Siendo:

A - superficie específica de los rotores, (m²)

Q - caudal de diseño (m³/día)

So - concentración de sustrato a la entrada (mg/l)

S - concentración de sustrato a la salida (mg/l)

Tc - factor de corrección de temperatura

P - factor de preaireación

Rc - sustrato específico consumido (g/m² día)

- Caudal de diseño: Q = 480 m³/día.

- Concentración de sustrato a la entrada:

$$S_0 = \text{DBO soluble entrada} = \text{DBO}_5 \text{ total} - K \cdot \text{SS}$$

Como se trata de una línea de proceso con decantación primaria: K = 0.6

$$S_0 = 391.68 - 0.6 \cdot 315 = 202.68 \text{ Kg/día} = 422.25 \text{ mg/l.}$$

- Concentración de sustrato a la salida:

$$S = \text{DBO soluble salida} = \text{DBO}_5 \text{ total} - K \cdot \text{SS}$$

Como se trata de un tratamiento secundario: $K = 0.5 \Rightarrow$

$$S = 43.08 - 0.5 \cdot 63 = 11.58 \text{ Kg/día} = 24.125 \text{ mg/l}$$

- Factor de corrección de temperatura.

$$T_c = 1.0537^{(12.7-T)} \Rightarrow \{T = 20^\circ, \text{ temperatura media}\} \Rightarrow T_c = 0.68$$

- Factor de preaireación: $P = 1$, para aguas no tratadas anaeróbicamente.

- Sustrato específico consumido ($\text{g/m}^2/\text{día}$).

Ecuación de Monod:

$$R_c = \frac{19.4 \cdot S}{15.1 + S} = \frac{19.4 \cdot 11.58}{15.1 + 11.58} = 8.42$$

$$R_c = 8.42 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$$

Se aplican estos valores a la expresión anterior para evaluar el área del biodisco:

$$A = \frac{Q \cdot (S_0 - S)}{R_c} \cdot T_c \cdot P = (480 \cdot (422.25 - 24.125) / 8.42) \cdot 0.68 \cdot 1 = 15433.25 \text{ m}^2$$

La superficie de los biodiscos viene normalizada, de modo que tomando unos biodiscos de 4350 m^2 de superficie activa y de 5.8 m de eje, se precisarán 4 unidades.

$$A_{\text{total}} = 15433.25 \text{ m}^2.$$

$$N^\circ \text{ biodiscos} = 15433.25 / 4350 = 3.55 \text{ unidades.}$$

Entonces, se tiene que:

$$N^\circ \text{ biodiscos} = 4 \text{ unidades}$$

$$A_{\text{biodisco}} = 4350 \text{ m}^2/\text{biodisco}$$

Diseño del biodisco.

Los parámetros recomendados en bibliografía son:

Diámetro < 3.60 m.

Longitud del eje < 8.00 m.

Volumen del tanque para biodiscos.

El volumen óptimo del tanque en el que se instalan los biodiscos se establece en $0.00558 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de superficie de contacto.

- Volumen del tanque por biodisco.

$$V_{\text{biodisco}} = 0.00558 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot 4350 \text{ m}^2/\text{biodisco};$$

$$V_{\text{biodisco}} = 24.3 \text{ m}^3/\text{biodisco}$$

- Volumen total del tanque.

$$V_{\text{tot-biodiscos}} = 24.3 \text{ m}^3/\text{biodisco} \cdot 4 \text{ biodiscos} = 97.2 \text{ m}^3$$

Con objeto de evaluar la superficie que ocupa el tanque de biodiscos, se fija la profundidad de agua en $\Rightarrow h = 1.5 \text{ m}$, que permite sumergir el 40% del medio. Por tanto:

$$S_{\text{tot.tanque}} = V_{\text{tot-biodiscos}} / h = 97.2/1.5 = 64.8 \text{ m}^2$$

Tiempo de retención.

$$t_R = V_{\text{tot}}/Q_{\text{med}} = 97.2 \text{ m}^3/20 \text{ m}^3/\text{h} = 4.86 \text{ h}$$

Sobre cada uno de los ejes se dispone una cubierta de plástico reforzado con fibra de vidrio. Los biodiscos se recubren para:

- proteger el medio soporte de la radiación ultravioleta
- proteger el proceso de las bajas temperaturas
- proteger el medio y equipos contra daños
- controlar la proliferación de algas

Según lo expuesto, las **dimensiones de los biodiscos** son:

- $D_{\text{biodisco}} = 2.40 \text{ m}$
- $\text{Long.eje} = 5.80 \text{ m}$
- $A_{\text{tanque biodisco}} = 64.8 \text{ m}^2$
- $H_{\text{tanque}} = 1.5 \text{ m}$
- $\text{Longitud}_{\text{tanque}} = 6 \text{ m}$
- $\text{Ancho}_{\text{tanque}} = 10.8 \text{ m}$
- $V_{\text{tanque biodiscos}} = 97.2 \text{ m}^3$

Carga contaminante a la salida del biodisco.

El rendimiento estimado para el biodisco será del 82% en DQO, del 89% en DBO_5 y del 80% en SS, por tanto al la salida del mismo la carga contaminante del agua residual será la indicada en la tabla:

| | Influyente | Reducción Biodisco | Entrada Decantador 2º |
|----------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| DQO | 737.28 kg/día | 82% | 132.71 kg/día |
| DBO_5 | 391.68 kg/día | 89% | 43.08 kg/día |
| SS | 315 kg/día | 80% | 63 kg/día |

C) Decantador secundario

La función de los decantadores secundarios en un sistema de tratamiento biológico con CBR es la producción de un efluente clarificado, sin realizarse

recirculación de fangos. Todo el fango extraído de los decantadores secundarios se conduce a las instalaciones de tratamiento de fangos.

Para su dimensionamiento se siguen las recomendaciones de Aurelio Hernández Lehmann (2002):

| | Qmed | Qmax |
|---|-----------|-----------|
| V_{asc} (m ³ /m ² /h) | 0.7 - 1.3 | 1.7 - 2.0 |
| tr (horas) | 2.5 | 1.5 |

Caudal de diseño.

Los parámetros de diseño finalmente adoptados son los siguientes:

| | Qmed | Qmax |
|---|------|------|
| tr (horas) | 2.72 | 1.5 |
| V_{asc} (m ³ /m ² /h) | 1.10 | 1.98 |

Cálculo de la superficie horizontal.

Se realiza el cálculo de la superficie necesaria para Qmed:

$$V_{asc} = Q_{med}/S_H \Rightarrow S_H = 20/1.10 = 18.18 \text{ m}^2$$

Cálculo del volumen del decantador.

El volumen según el tiempo de retención a Qmed será:

$$t_R = V_{tot}/Q_{med} \Rightarrow V = 2.72 \cdot 20 = 54.4 \text{ m}^3$$

Relaciones dimensionales.

Teniendo en cuenta un cierto coeficiente de seguridad, las dimensiones serán:

- Superficie unitaria: 20 m^2 .
- Radio del decantador: $\pi \cdot r^2 = 20 \Rightarrow r = 2.5 \text{ m}$.
- Volumen unitario: 65 m^3
- Altura del decantador: $h = V/S = 65/20 = 3.25 \text{ m}$, se adopta una pendiente de solera del 12%.
- Pendiente = $hc \cdot 100/2.5 \text{ m} = 12\% \Rightarrow hc = 0.3 \text{ m}$.
- Altura recta sobre vertedero, hrv:
 $hrv = h - hc = 3.25 - 0.3 = 2.95 \text{ m}$.

Para no superar la altura recomendada por Aurelio Hernández Lehmann (2002), ($h < 3 \text{ m}$), ajustaremos los datos de forma que las características geométricas reales adoptadas para el decantador secundario son:

Diámetro: 5.3 m

Altura: 2.95 m

$hc = 0.3 \text{ m}$

$hrv = 2.95 \text{ m}$

Área: 22 m^2

Volumen: 65 m^3

Nº unidades: 1

Rendimiento de eliminación de SS.

Se evalúa del siguiente modo:

$$R = 100 \cdot \left(1 - \left(\frac{SS_{salida}}{SS_{entr}}\right)\right) = 100 \cdot \left(1 - \left(\frac{30}{132.71}\right)\right) = 52.4\%$$

Carga contaminante a la salida del decantador 2º.

El rendimiento estimado para el decantador secundario será del 52.4% en SS, del 30.5% en la DQO y del 48% en la DBO₅, por tanto, a la salida del mismo, la carga contaminante del agua residual será la indicada en la tabla y deberá cumplir la normativa de vertido estipulada:

| | Salida Decantador 2º | | Salida Efluente (Normativa exigible: RD 509/1996) | |
|------------------|-------------------------|-----|--|-----|
| | Kg/día | ppm | Kg/día | ppm |
| DBO ₅ | 22.4 | 23 | 24 | 25 |
| SS | 30 | 31 | 33.6 | 35 |
| DQO | 92.16 | 96 | 129.6 | 135 |

5.2.5. Conclusiones:

El proyecto consiste en la elección y aplicación de un tratamiento secundario auxiliar a la planta de tratamiento existente, compuesta de un clarificador y una unidad de flotación, que promueve la Industria alimentaria definida. Para ello se han estudiado 3 sistemas de depuración, previamente seleccionados en apartados anteriores, entre los cuales sería necesario elegir la solución óptima. En la decisión final han primado diversos factores, con objeto de alcanzar la solución menos gravosa para la industria promotora del proyecto.

Tras realizar una evaluación de las tres alternativas se llegó a la conclusión de que las alternativas 1 y 2 eran inviables debido a la diferencia de costes de implantación y explotación existentes respecto a la otra alternativa. Otro de los aspectos a tener en cuenta es el rendimiento en la eliminación de sustancias contaminantes, debido a que se tiene que alcanzar el especificado en la normativa, para el nivel de depuración en que se encuentre la localidad en estudio. El rendimiento obtenido con los sistemas de depuración mediante biodiscos es del 97,12% en la eliminación de DBO, suficiente para las exigencias requeridas, siendo además, dichos rendimientos, más estables que el resto de las alternativas contempladas (tanto en épocas frías, como en cálidas), al permanecer cubiertos los tanques, por lo que se decide finalmente que la alternativa seleccionada sea la tercera: **BIODISCOS**.

Además de estos aspectos, esta alternativa proporciona ventajas como:

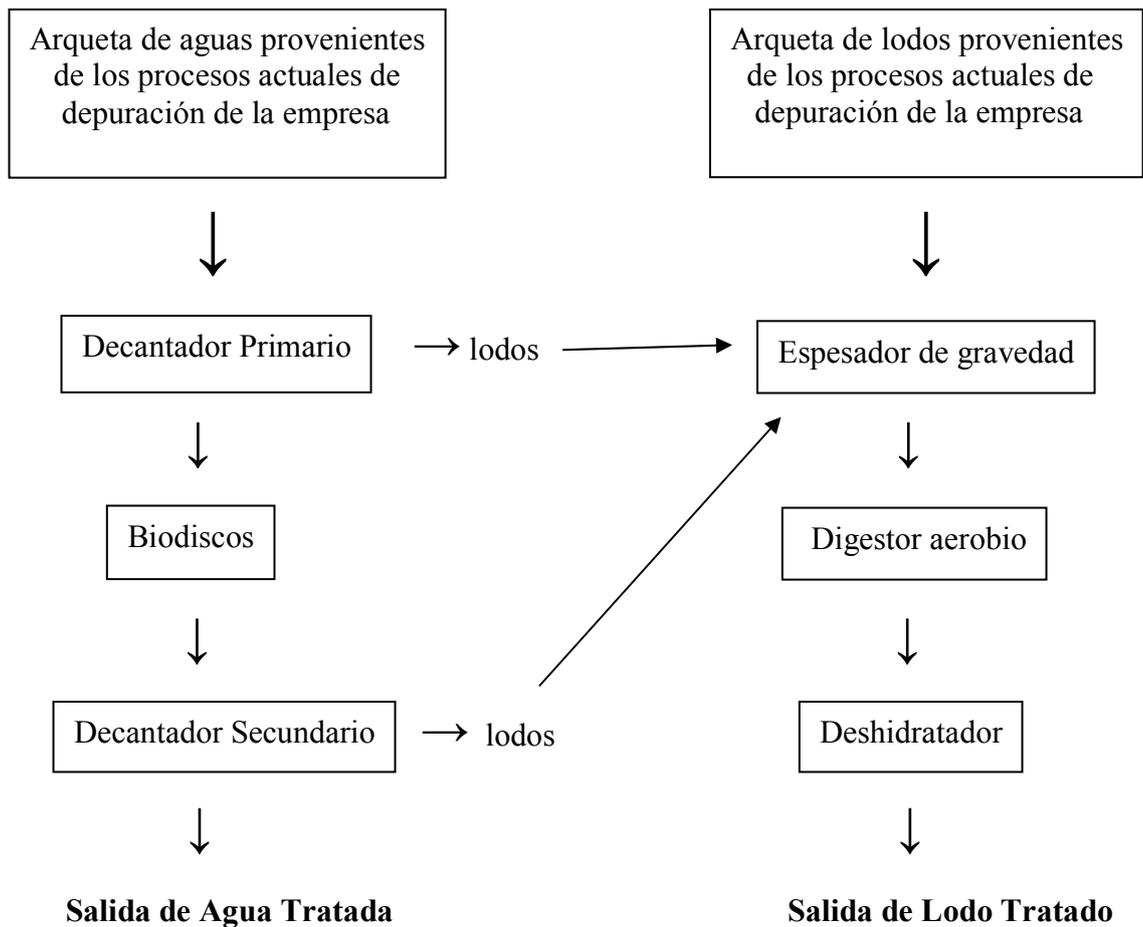
- Puesta en funcionamiento rápida y espontánea sin ninguna necesidad de inseminación.
- Sencillez de gestión y mantenimiento. No se necesita personal especializado para el control biológico siendo cualquiera capaz de realizar las mínimas operaciones de mantenimiento periódicas.
- El consumo de energía es muy bajo y, en consecuencia, los costos de ejercicio. A causa del reducido consumo es posible operar con energía eléctrica producida con fuentes alternativas (fotovoltaico, hidroeléctrico).
- Insensibilidad a las variaciones de la carga orgánica y/o hidráulica: La flora bacteriana reacciona a estas fluctuaciones de manera sencilla incrementando o reduciendo su espesor y por consiguiente su actividad.
- Ausencia de aerosoles u olores: Las bajas velocidades en juego impiden la nebulización de las aguas negras y por consiguiente preservan la salud del operador.
- Ningún inconveniente biológico por falta de influente incluso prolongada por varios días.
- Estructura compacta y adaptabilidad de las instalaciones.
- Modularidad de instalación que permite prever sucesivas expansiones en el proyecto de una instalación nueva y la integración de instalaciones existentes (incluso realizadas con otros sistemas). Actualmente es el único proceso de tecnología blanda con posibilidad de acometer un proceso de nitrificación-desnitrificación con garantía de buen funcionamiento, que en un futuro será exigible para evitar la eutrofización de los ríos y mejorar la calidad de las aguas.
- Obtiene mejores rendimientos que otros tratamientos de película fija debido a la menor relación carga orgánica/biomasa, al mayor tiempo de retención de los sólidos en la fase biológica y al mejor control sobre la formación de cortocircuitos.
- No es necesario controlar el oxígeno disuelto en el depósito de tratamiento, ni la concentración del licor de mezcla.
- El nivel de ruidos es inaudible.

Por tanto, los parámetros resultantes de las aguas residuales, utilizando el tratamiento secundario seleccionado, quedarían de la siguiente forma:

| | Entrada planta | | Reducción cargas contam. | Salida Efluente Depurado | | Legislación RD 509/1996 | |
|------------------|----------------|------|--------------------------|--------------------------|-----|-------------------------|-----|
| | Kg/día | ppm | | Kg/día | ppm | Kg/día | ppm |
| DBO ₅ | 768 | 800 | 97.10 % | 22.4 | 23 | 24 | 25 |
| DQO | 1152 | 1200 | 92.00 % | 92.16 | 96 | 129.6 | 135 |
| SS | 700 | 729 | 95.72 % | 30 | 31 | 33.6 | 35 |

Siendo la reducción de las cargas contaminantes, el porcentaje de eliminación resultante entre la entrada a planta y la salida de la planta, cumpliendo ésta con la legislación vigente, como se puede comprobar en la misma tabla.

El esquema de las líneas de tratamiento de agua y fango quedaría de esta forma:



5.2.6. Línea de fangos:

En el caso de la línea de fangos, se tomarán unas unidades de tratamiento específicas atendiendo simplemente a las necesidades de los fangos, sin que sea necesario un estudio de los diferentes tipos de tratamientos posibles, por lo que constará de los siguientes elementos:

- A) Espesador de gravedad.
- B) Digestor aerobio.
- C) Deshidratación mediante filtro de banda.
- D) Bombeo de sobrenadantes.

En primer lugar, se determina la producción de fangos, tanto primarios como secundarios.

Los fangos son lodos o materia acuosa donde se concentran los sólidos sedimentados o decantados de un agua bruta o bien de un reactor biológico, en una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) domésticas o industriales. Los fangos primarios proceden de la decantación directa del agua bruta, mientras que los secundarios proceden de la sedimentación del llamado licor mezcla del reactor biológico, y están compuestos en gran parte por células depuradoras.

Fangos primarios:

Son los obtenidos en el decantador primario por depósito de los sólidos en suspensión.

- Sólidos en suspensión a la entrada: 700 kg/día.
- Rendimiento en el decantador primario: 55%.
- Producción de fangos en el decantador primario:

$$SSV1 = 700 \cdot 0.55 = 385 \text{ kg/día.}$$

Concentración de los fangos: 2.5% (25 kg/m³).

$$\Rightarrow \text{Volumen de fangos primarios} = 385 \text{ kg/día} / 25 \text{ kg/m}^3 = 15.4 \text{ m}^3/\text{día.}$$

Fangos secundarios o biológicos:

Se obtienen en el decantador secundario tras el tratamiento biológico.

$$SSV2 = SS \text{ entrada} \cdot (1 - 0.55) - SS \text{ salida} + \Delta SS$$

siendo:

$$SS \text{ entrada} = 700 \text{ kg/día.}$$

$$\Delta SS \text{ salida} = 30 \text{ kg/día.}$$

ΔSS : fangos producidos por la reducción de DBO_5 ; se estima en un 10% de la DBO_5 eliminada: $0.10 \cdot (700 - 30) = 67 \text{ kg/día}$. En los sistemas de oxidación prolongada es algo mayor.

Entonces:

$$SSV2 = 700 \cdot (1 - 0.55) - 30 + 67 = 352 \text{ Kg/día.}$$

Concentración de los fangos: 1% (10 kg/m^3).

$$\Rightarrow \text{Volumen de fangos secundarios} = [352 \text{ kg/día}] / [10 \text{ kg/m}^3] = 35.2 \text{ m}^3/\text{día.}$$

Fangos totales a tratar.

$$SSVT: 737 \text{ kg/día}$$

Concentración (C_F): 1.5% (15 kg/m^3).

$$\text{Volumen: } 49.13 \text{ m}^3/\text{día}$$

A) *Espesador de gravedad*

El diseño se ha realizado según las recomendaciones de Aurelio Hernández Lehmann (2002).

| | Recomendado | Adoptado |
|--|-------------|----------|
| Carga de sólidos ($\text{kg/m}^2 \text{ día}$) | 40 - 70 | |
| Carga hidráulica ($\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$) | <0.90 | |
| Tiempo de retención (h) | >24 | |
| Concentración fango espesado (%) | 4.00 - 7.00 | 6.00 |
| Altura (m) | 2.50 - 3.00 | |
| Tiempo de bombeo (h) | 6 - 8 | 8 |

A continuación, se realizan los cálculos necesarios para dimensionar el espesador de gravedad:

Volumen necesario.

$$V = (\text{SSVT}) \cdot 24 / C_F \cdot t_R = (737 \cdot 24) / 15 \cdot 24 = 49.13 \text{ m}^3$$

Superficie necesaria.

El caudal diario bombeado será la suma de los fangos primarios y secundarios; y como se ha establecido que ese caudal será introducido al espesador cada 8 h, el caudal horario introducido tendrá un valor de:

$$Q_{\text{fangos/h}} = 737 / 15 \cdot 8 = 6.14 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se adopta una unidad circular de 5 m de diámetro, por tanto el área real del espesador será de:

$$A = \pi \cdot D^2 / 4 = 19.63 \text{ m}^2$$

Altura del espesador.

Se calcula con los datos de volumen y de superficie necesarios:

$$h = V / A = 49.13 / 19.63 = 2.50 \text{ m}$$

El valor de la altura adoptado, teniendo en cuenta un coeficiente de seguridad del 15% es: $h = 2.875 \text{ m}$.

Las dimensiones quedarán de la siguiente forma:

- $V_{\text{espesador}} = 50 \text{ m}^3$.
- $A_{\text{espesador}} = 16.6 \text{ m}^2$.
- $D_{\text{espesador}} = 4.6 \text{ m}$.
- $h_{\text{espesador}} = 3.0 \text{ m}$.

Para estas dimensiones se comprueba que el resto de los parámetros están en el intervalo recomendado.

- Tiempo de retención: $49.13 \cdot 15 \cdot 24/737 = 24 \text{ h}$.
- Carga hidráulica: $6.14/16.6 = 0.37 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.
- Carga de sólidos: $737/16.6 = 44.39 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$.

B) *Digestor de fangos*

Para poblaciones inferiores a los 25.000 hab/eq se recomienda la digestión aerobia ya que resulta más económica debido, fundamentalmente, al ahorro que supone en las propias instalaciones y en los costes de explotación.

Además, frente a la digestión anaerobia, presenta una serie de ventajas, como son:

- Mantiene una reducción de sólidos volátiles similar.
- Produce unas concentraciones de DBO menores en el líquido sobrenadante.
- El producto final es biológicamente estable, del tipo humus, exento de olores.
- Mayor recuperación del valor del fango como fertilizante.
- Funcionamiento y explotación del proceso relativamente sencillos.

Por el contrario, también presenta ciertos inconvenientes, entre los que se destacan:

- Supone un mayor coste energético, asociado al aporte de oxígeno.
- El fango digerido tiene pobres características para la deshidratación mecánica.
- Es muy sensible a la temperatura, emplazamiento y tipo de material empleado en su contracción.

Características de los fangos a la entrada al digestor.

Son aquellas que tienen a la salida del espesador:

- Volumen de fangos: $737/60 = 12.3 \text{ m}^3/\text{día}$
- Concentración de los fangos: 6.00% (60 kg/m^3).
- Porcentaje de sólidos volátiles: 70% de los sólidos totales.
- Reducción de sólidos volátiles: 40%.
- Demanda de O_2 : la concentración mínima de sólidos a mantener en condiciones de operación en el tanque debe ser $> 2 \text{ mg/l}$.
- 2.00 kg de O_2/kg de SSV reducido.
- kg de O_2/kg de DBO_5 reducido.

Los parámetros de diseño adoptados son:

Tiempo de retención.

Se toman 15 días, (valor comprendido entre 15 y 20 días recomendados).

Volumen del digestor.

$$V (\text{m}^3) = V \text{ fangos } (\text{m}^3/\text{día}) \cdot \text{Tr} (\text{días})$$

$$V = 12.3 \cdot 15 = 184.25 \text{ m}^3$$

Se adopta un digestor de 2.5 m de altura, por tanto, la dimensión del lado del mismo será:

$$l = \sqrt{\frac{V}{h}} = \sqrt{\frac{184.25}{2.5}} = 8.58 \text{ m}$$

se toma una dimensión de 9 m de lado; esto supone que, fijada la altura del digestor, el volumen sea $\Rightarrow V_{\text{real}} = 202.5 \text{ m}^3$

Las dimensiones adoptadas para el digestor de fangos de sección cuadrada son:

- Lado = 9 m
- Altura = 2.50 m
- Volumen = 202.5 m³
- Resguardo = 0.50 m

Determinación del oxígeno necesario.

Viene dado por la expresión:

$$\text{Kg. O}_2/\text{día} = (\text{SSV1 (kg/día)} + \text{SSV2 (kg/día)} \cdot r \cdot 2.00 \text{ (kg O}_2/\text{kg SSVT)} + \text{DBO}_5 \\ 1 \text{ (kg/día)} \cdot 1.80 \text{ (kg O}_2/\text{kg DBO}_5 \text{ 1)})$$

Donde:

SSV1: SS volátiles retenidos en el decantador primario.

$$\text{SSV1} = 0.55 \cdot 700 \cdot 0.7 = 269.5 \text{ Kg/día}$$

SSV2: SS volátiles retenidos en el decantador secundario.

$$\Delta\text{SS} = 0.1 \cdot (\text{SSe} - \text{SSs}) = 0.1 \cdot (700 - 30) = 67 \text{ Kg/día}$$

$$\text{SSV2} = (700 \cdot (1 - 0.55) - \text{SSs} + \Delta\text{SS}) \cdot 0.7 = 246.4 \text{ Kg/día}$$

r: reducción de SSV (40%).

DBO₅ 1: DBO₅ retenida en el decantador primario.

$$\text{DBO}_5 1 = 768 \cdot 0.35 = 268.8 \text{ Kg/día}$$

por tanto, la cantidad de O₂ precisada es:

$$\text{Kg. O}_2/\text{día} = (269.5 + 246.4) \cdot 0.40 \cdot 2.00 + 268.8 \cdot 1.80 = 896.56 \text{ kg O}_2/\text{día}.$$

La potencia a instalar está determinada por la capacidad de transferencia de las turbinas, la cuál se estima en 1.30 Kg O₂/Kwh, por tanto, la potencia total será: 28.7 Kw.

Finalmente se opta por instalar 3 turbinas superficiales de 15 Kw cada una, que resultan las más adecuadas por simplicidad de mantenimiento y eficacia adecuada al problema, de las cuales una será de reserva.

Depósito de fangos digeridos.

Es conveniente disponer, dado el funcionamiento discontinuo de las instalaciones de deshidratación, de un depósito de fango digerido que garantice cierta capacidad de tampón. Teniendo en cuenta que en esta instalación no se prevé deshidratar los fines de semana, se adopta un depósito con un tiempo de retención de 3 días $\Rightarrow t_R = 3$ días.

$$V_{\text{depósito}} = 3 \text{ días} \cdot 12.3 \text{ m}^3/\text{día} = 36.9 \text{ m}^3.$$

Se adopta una unidad circular de 2.0 m. de altura y se sobredimensiona el volumen por motivos de seguridad hasta $V = 45 \text{ m}^3$, por lo que el diámetro sería:

$$V = \pi \cdot D^2/4 \cdot h \Rightarrow D = 5.5 \text{ m.}$$

$$h_{\text{tampón}} = 2.0 \text{ m.}$$

$$D_{\text{tampón}} = 5.35 \text{ m.}$$

C) *Deshidratador de fangos*

Para la desecación de los fangos se utilizará un filtro banda.

El principio de funcionamiento del mismo se basa en la filtración por presión mecánica. El filtro consta de dos cintas sin fin que convergen en forma de cuña, y son conducidas por rodillos mientras se presionan mutuamente.

Este sistema presenta una serie de ventajas respecto a otros, como son:

- Menor coste de adquisición, debido a su rendimiento por m^2 .
- Ahorro de energía (consumo 10 veces menor).
- Ahorro de floculante.
- Ahorro de piezas de recambio y mantenimiento.
- Ahorro de personal, debido a su fácil manejo y mantenimiento.
- Menor espacio requerido para su instalación.
- Permiten producir una torta muy seca.
- La parada del sistema requiere un esfuerzo mínimo.

Aunque también tiene ciertas desventajas, entre las que se destacan:

- Limitación en la producción hidráulica.
- Precisa de un dilacerador de fangos en el conducto de alimentación.
- Muy sensible a las características del fango alimentado.
- La vida útil del medio es corta comparada con otros dispositivos que emplean medios de tela.
- En general, no se recomienda automatizar el funcionamiento.

El sistema de filtro banda está compuesto por:

- Bombas de alimentación de fango al filtro.
- Equipos de dosificación del polielectrolito:
- Bombas dosificadoras de polielectrolito.
- Tanques de mezcla.
- Tanque de maduración.
- Tolva de almacenamiento y dosificación del producto.
- Bombas de lavado de agua, con su grupo de presión.
- Floculador: para conseguir una mezcla íntima fango – polielectrolito.
- Filtro banda.
- Cinta o tornillo para evacuar la torta de fango seco.

| Parámetro | Valores característicos | Valores adoptados |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Carga de aplicación al fango (kg/m h) | 90 – 680 | 250 |
| Agua de lavado (l/m/s) | 1.6 – 6.3 | 3.0 |
| Presión de lavado (mca) | 50 – 70 | 60 |
| % sólidos en fango (entrada) | 3.0 – 6.0 | 6.0 |
| Fangos de digestión (kg SST/día) | - | 737 |
| % sólidos en fango (salida) | 15.0 – 20.0 | 20.0 |
| Consumo polielectrolito (kg/TMS) | 5.0 – 6.0 | 6.0 |
| Días de trabajo a la semana | 5 | 5 |
| Horas funcionamiento/día | 8 | 8 |

Características de los fangos a la entrada del filtro banda.

Son aquellas que tienen a la salida del digestor:

- Caudal diario a filtración: $737/60 = 12.3 \text{ m}^3/\text{día}$
Concentración de los fangos: 6.00% (60 kg/m^3).
- Caudal horario de fango secado: $(12.3 \text{ m}^3/\text{día} \cdot 7 \text{ días/sem})/40 \text{ h/sem} = 2.15 \text{ m}^3/\text{h}$
- Carga horaria de fango, C_F : $(737 \text{ kg SST/día} \cdot 7 \text{ días/sem})/40 \text{ h/sem} = 129 \text{ Kg/h}$
- Caudal de fango seco, C_{SECO} : $737 \text{ kg SST/día} / 200 \text{ kg/m}^3 = 3.685 \text{ m}^3/\text{día}$
Concentración de los fangos secos: 20.00% (200 kg/m^3).

Cálculo del ancho de banda.

Se adopta una carga de fango por ancho de banda de 250 Kg/m h , por tanto:

$$\text{Ancho de banda} = C_F / \text{Carga ancho de banda} = 129/250 = 0.52 \text{ m.}$$

Caudal de agua de lavado.

Se adopta, según bibliografía un caudal de agua de lavado de 2.1 l/s .

Dosificación de reactivos.

Se tienen los siguientes parámetros de diseño:

- Concentración de polielectrolito: 0.55% (5.5 Kg/m^3)
- Dosificación máxima prevista, D_{POL} : 6.0 Kg/TMS
- Consumo máximo de polielectrolito diario, C_{POL} :

$$C_{POL} = (737 \text{ Kg/día} / 1000) \cdot 6 \text{ Kg/TMS} \cdot 7/5 = 6.19 \text{ Kg/día}$$

- Caudal diario de solución al 0.55%, Q_{POL} :

$$Q_{POL} = C_{POL} / 5.5 = 1.12 \text{ m}^3$$

- Consumo máximo horario de polielectrolito, $C_{POL-MAX}$:

$$C_{POL-MAX} = (737 \text{ Kg/día} / 1000) \cdot 6 \text{ Kg/TMS} \cdot 7/40 \text{ h/sem} = 0.77 \text{ Kg/h}$$

- Caudal unitario de la bomba de polielectrolito, Q_{bomba} :

$$Q_{bomba} = C_{POL-MAX} \cdot 1000 \text{ l/m}^3 / 6 \text{ Kg/TMS} = 128.975 \text{ l/h}$$

De acuerdo con estos datos las características del filtro banda son las siguientes:

- Ancho banda: 0.70 m (ancho de banda comercial).
- Carga de fango por ancho de banda: 184.28 kg/m·h.
- Dos bombas de agua para lavado (1 de reserva) de 2.1 l/s a 60 mca.
- Un depósito de 1 m³ para preparación de solución de polielectrolito y dos bombas (1 de reserva) de caudal unitario 160 l/h.

D) *Bombeo de sobrenadantes*

Los sobrenadantes procedentes del decantador primario, del decantador secundario y del espesador son recogidos por medio de una tubería de 100 mm de diámetro hasta una cámara de bombeo, desde donde son bombeados hasta el inicio del tratamiento. A la cámara de bombeo también llega un colector de 100 mm de diámetro procedente del saneamiento del edificio de control con la finalidad de sanear las aguas residuales allí producidas.

Se van a utilizar bombas sumergidas, para disminuir el tamaño del pozo de bombas, ya que si utilizara una instalación en cámara seca el volumen necesario sería mayor.

Parámetros de diseño.

El caudal de sobrenadantes lo hemos estimado a partir del caudal de fangos producidos. Así, consideramos un caudal de sobrenadantes de un 10 % de los fangos producidos para los decantadores.

Caudal sobrenadantes decantación primaria: 1.54 m³/día.

Caudal sobrenadantes decantación secundaria: 3.52 m³/día.

Caudal saneamiento edificio control: 10 m³/día.

Caudal sobrenadantes espesador: en el espesador se trata un caudal de fangos de 49.13 m³/día y al digestor llegan 12.3 m³/día, por tanto los sobrenadantes obtenidos ascienden a 36.83 m³/día.

⇒ Caudal total: 51.89 m³/día.

Caudal medio = 51.89/24 = 2.16 m³/h.

Caudal punta: 10.8 m³/h.

Puestas en marcha: < de 10/h

Tiempo de funcionamiento por arrancada: > de 3 minutos.

Altura de elevación: 2.0 m.

La reserva contra averías se establecerá colocando otra bomba de reserva de igual capacidad que la de trabajo.

El funcionamiento es, en teoría, continuado, por lo que se dotará de automatismos que controlen la puesta en marcha y parada de la bomba por el nivel en el pozo de bombeo.

Características del bombeo.

El caudal del equipo será de 15 m³/h (0.0041 m³/s), para garantizar la absorción de las puntas de las aguas negras procedentes del edificio de explotación.

El pozo de bombeo será de planta cuadrada con 2.0 m de lado y con una profundidad de 2.80 m.

La potencia del grupo necesaria se halla con la expresión:

$$P = c \cdot \frac{W \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} \Rightarrow P = 1.25 \cdot \frac{1000 \cdot 0.0041 \cdot 2}{75 \cdot 0.8 \cdot 0.85} = 0,2 \text{ CV}$$

Donde:

P = Potencia (CV)

W = peso específico del líquido (Kg/m³).

Q = Caudal a elevar (m³/seg).

H = Altura manométrica en metros.

η_1 = Rendimiento de la bomba ≈ 0.8

η_2 = Rendimiento del motor ≈ 0.85

Coefficiente de disminución de rendimiento para aguas residuales $c = 1.25$

Se colocarán dos bombas de **0.25 CV** cada una, una de ellas de reserva, para asegurar la elevación de este caudal de aguas.

5.3. ESTUDIO ECONÓMICO – FINANCIERO

5.3.1. Introducción

Los costes de tratamiento de aguas residuales se pueden dividir básicamente en dos categorías:

- Costes de Inversión (Implantación)
- Costes de Explotación y Mantenimiento.

Los costes de implantación se dan durante la construcción de la estación depuradora y se expresan como euros de gasto único, mientras que los costes de explotación son aquellos necesarios para operar y atender la planta tras su construcción. Éstos últimos pueden expresarse como gastos totales al año, como coste por unidad de agua residual tratada o como coste por habitante equivalente.

A continuación se realiza un análisis para evaluar la viabilidad económica de la alternativa seleccionada: **Biodiscos**

PLAN DE INVERSIONES

El Plan de Inversiones se compone de 3 partidas, necesarias para la estimación del capital fijo y del circulante. Las partidas en que se divide son:

- ✓ Terrenos.
- ✓ Obra Civil.

- ✓ Varios: instrumentación y control, instalación eléctrica, tuberías y mobiliario.

La mayor parte de los costes de inversión están asociados a costes de obra, materiales de construcción y equipos mecánicos utilizados en la planta; éstos representan un 80-90% del total. El porcentaje restante corresponde a la adquisición de terrenos, administración, financiación, servicios legales, ingeniería, etc.

Para evaluar el coste del capítulo varios, se hace uso de las siguientes estimaciones:

- Coste de tuberías: metros tubo · diámetro · €/diámetro
- Coste de instrumentación y control: número señales · €/señal
- Coste de instalación eléctrica: kwh · €/kwh
- Mobiliario: $0.05 \cdot X$

Siendo “X” el coste de la partida de Equipos Mecánicos de la estación depuradora, según bibliografía consultada.

A continuación se detallan los costes de implantación de la depuradora para la alternativa seleccionada, que vienen recogidos en cuadros de precios distinguiendo los capítulos de obra civil, equipos mecánicos, varios, terrenos y honorarios, puesta en marcha, licencias, etc.

PLAN DE EXPLOTACIÓN

Los costes de explotación y mantenimiento comienzan con la puesta en marcha de la depuradora y son consecuencia de la gestión de explotación de la misma. Esta valoración se realiza durante la vida útil de la depuradora, que se estima en 25 años.

El objetivo de la planta será conseguir el funcionamiento más adecuado para obtener los mejores rendimientos a un coste mínimo, por ello se han de incluir los conceptos de mantenimiento y conservación de equipos e instalaciones para asegurar su buen funcionamiento.

Estructuralmente los costes de explotación se clasifican en 2 grupos: costes fijos y costes variables.

A) *Costes fijos*: son aquellos que permanecen cuando la estación de tratamiento trate sólo una parte del caudal, o bien efectúe un tratamiento parcial, o en el caso extremo, de que no funcione. En estos casos los costes que permanecen fijos son:

1. Personal: La necesidad de personal de una planta depuradora de estas características es reducida. El personal necesario es:

- Jefe de planta: hace las funciones de administrador y director de planta. Su cometido es conocer perfectamente el funcionamiento de la planta, solventar los diferentes problemas que puedan aparecer por si mismo o recurriendo a las personas necesarias.

- Peones: estarán al cuidado del mantenimiento de la planta y de su perfecto funcionamiento, así como de la vigilancia, limpieza y demás actividades que se produzcan en la planta.

| PERSONAL | | | |
|----------------|--------------|-----------|---------|
| Categoría | Nº empleados | Euros/año | Total |
| Jefe de planta | 1 | 45.000 | 45.000 |
| Peones | 4 | 36.000 | 72.000 |
| TOTAL | 5 | | 117.000 |

En este caso, el jefe de planta abarcaría tanto la función de director de la planta como la función de laboratorio. Es decir, el jefe de planta sería, además, jefe de laboratorio.

Se adopta un incremento salarial de 2% anual durante los 25 primeros años de funcionamiento de la depuradora, tiempo de vida estimado para este tipo de instalaciones.

2. Conservación y mantenimiento: Se incluyen todas las necesidades para el perfecto funcionamiento de la planta, tales como mantenimiento de maquinaria, reparaciones, pintura, cuidados de jardines, etc. Se valora aplicando un porcentaje al coste de ejecución de la depuradora. Se estima en el 10% los costes de los equipos de cada alternativa.

3. Administración: En este concepto se incluyen gastos tales como gasto de teléfono, de papelería, asesoría legal y fiscal, etc. Podemos considerar estos gastos como el 0.3% de los costes de implantación de cada una de las alternativas.

4. Seguros: Los seguros son muy importantes en una estación depuradora ya que un incorrecto funcionamiento de ésta, puede ocasionar cuantiosos daños, a los cuales se debe hacer frente. Además, se deben asegurar los equipos de mayor coste económico para garantizar sus horas de servicio. El gasto en seguros, también se obtiene como un porcentaje del coste de implantación de la depuradora. Se toma 0.5% de los costes de implantación de las alternativas estudiadas.

B) *Costes variables*: son aquellos que dependen del caudal o de las cargas contaminantes que se depuran. Serán distintos dependiendo del tipo de tratamiento que se realice en la planta:

1. Energía: El coste de energía eléctrica se calcula teniendo en cuenta lo recogido en el BOE, sobre tarifas eléctricas. Dependiendo de los equipos instalados, para cada alternativa se estima el consumo en función de la población equivalente, y el precio será 0.09 €/kwh.

2. Reactivos: Se considera un coste en reactivos de 0.42 €/hab/eq.

3. Eliminación de residuos: Se considera un coste de 0.48 €/hab/eq, lo cual indica que el coste de eliminación de residuos para las 3 alternativas es idéntico, según el criterio adoptado a partir de la consulta de otros proyectos semejantes.

5.3.2. Costes de implantación:

Véase capítulo IV: Presupuestos

5.3.3. Plan de explotación:

A) *Costes Fijos*

| | |
|--|------------------|
| Personal | 117000 |
| Conservación y mantenimiento 10% Costes Equipos | 34256.6 |
| Administración 0.3 % CI | 1746.16 |
| Seguros 0.5 % CI | 2910.27 |
| Total Costes Fijos | 155913.03 |

B) *Costes Variables*

Energía:

| Proceso | Consumo (kwh/año) | Precio |
|---------------------|-------------------|--------------|
| Trat. Primario | 36000 | 3240 |
| Proceso Biológico | 86400 | 7776 |
| Trat. Secundario | 36000 | 3240 |
| Espesado de fangos | 14400 | 1296 |
| Digestión de fangos | 50400 | 4536 |
| Secado de fangos | 28800 | 2592 |
| Otros | 43200 | 3888 |
| Total | 295200 | 26568 |

Reactivos:

| | | |
|-----------|---------------|---------|
| Reactivos | 0.42 €/hab/eq | 6058.20 |
|-----------|---------------|---------|

Eliminación Residuos:

| | | |
|----------------------|---------------|---------|
| Eliminación Residuos | 0.48 €/hab/eq | 6923.66 |
|----------------------|---------------|---------|

Según lo expuesto, el plan de explotación de la estación depuradora para la alternativa: biodiscos, se evalúa sumando los costes fijos y variables de la misma:

Costes fijos + Costes variables = Euros/año

| | |
|---|-----------|
| TOTAL EXPLOTACIÓN ALTERNATIVA: BIODISCOS | 195462.89 |
|---|-----------|

Haciendo los mismos cálculos para las otras alternativas, como se dijo en el apartado 5.2.5. Conclusiones, podemos comprobar que la alternativa seleccionada, es mucho más ventajosa para la Industria promotora, siendo el coste final:

| | PLAN DE INVERSIÓN (Euros) | PLAN DE EXPLOTACIÓN (Euros/año) |
|-----------|------------------------------|------------------------------------|
| Biodiscos | 582053.92 | 195462.89 |

6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROCESO: BIODISCOS

La descripción técnica del proceso engloba las dimensiones y los equipos que constituyen el tratamiento, tanto de aguas, como de fangos que queda definido en el proyecto.

6.1. LÍNEA DE TRATAMIENTO DE AGUA

6.1.1. Tratamiento primario:

Decantador Primario.

Consta de un depósito circular de diámetro interior 5.6 m y altura 2.5 m, con una inclinación en la solera del 3%. Que representa un volumen total de 61.57 m³ y una superficie unitaria de 24.63 m². En estas condiciones el tiempo de retención a caudal medio es 2.94 horas.

Los fangos acumulados en el concentrador se bombean al espesador mediante dos bombas (una de reserva) de 0.50 CV cada una, situadas en el pozo de bombas, de 2.00 m de lado y 3.75 m de altura.

El espesor de las paredes del decantador es de 0.25 m y el de la solera 0.30 m, en hormigón H-250 y acero corrugado AEH - 400N, al igual que para el pozo de bombas.

El puente del decantador tiene una potencia de arrastre de 1 CV, dotado de rasquetas superficiales para sobrenadantes y rasquetas de fondo para el barrido de fangos.

La conducción de agua se hace por medio de una tubería de PVC y diámetro 100 mm, mientras que la de fangos se hace por una de 160 mm.

6.1.2. Tratamiento secundario:

Tratamiento Biológico: Biodiscos.

Los equipos elegidos son del tipo B 240-60-1, de diámetro 2.40 m y longitud de eje 5.80 m, dotados de motorreductores de 2.50 CV.

Estos equipos se disponen en un tanque (volumen 97.2 m^3 , relación volumen/superficie de medio $0.00558 \text{ m}^3/\text{m}^2$) de hormigón armado H-250 y acero corrugado AEH - 400N, cuyas dimensiones interiores son: 10.8 m de ancho, 6.00 m de largo y 1.5 m de altura. Siendo el espesor de paredes 0.30 m y el de solera 0.35 m.

Decantador Secundario.

Depósito cilíndrico de diámetro interior 5.3 m y altura 2.95 m, con una inclinación en la solera del 3%. Que representa un volumen total de 65 m^3 y una superficie de 22 m^2 . En estas condiciones el tiempo de retención a caudal medio es 3.0 horas.

Los fangos acumulados en el concentrador se bombean al espesador mediante dos bombas (una de reserva) de 0.50 CV cada una, situadas en el pozo de bombas, de 2.00 m de lado y 3.85 m de altura.

El espesor de las paredes es 0.25 m y el de la solera 0.30 m, en hormigón H-250 y acero corrugado AEH - 400N. Tanto para el decantador como para el pozo de bombas.

El puente del decantador tiene una potencia de arrastre de 1 CV, dotado de rasquetas superficiales para sobrenadantes y rasquetas de fondo para el barrido de fangos.

La conducción de agua se hace mediante una tubería de PVC y diámetro 100 mm, mientras que el diámetro de la de fangos es de 160 mm.

6.2. LÍNEA DE TRATAMIENTO DE FANGOS.

6.2.1. Espesador de fangos:

El sistema adoptado para espesar los fangos es por gravedad. El espesador está diseñado para una producción diaria de $49.13 \text{ m}^3/\text{día}$ y un tiempo de retención de 24.0 horas. La concentración de los fangos de entrada es del 1.50%, y una vez espesados llega al 6.00%.

Se trata de un depósito circular de diámetro interior 4.60 m y altura 3.00 m. La solera tiene una pendiente del 10%. Cuenta además con un pozo de bombas de planta cuadrada de lado 1.50 m y altura 2.15 m siendo los espesores de las paredes, de 0.25 m y en solera 0.30 m, todo ello en hormigón H-250 y acero corrugado AEH - 400N.

El equipo de espesado tiene una potencia de 1 CV, y las dos bombas de fangos (una de reserva) 0.50 CV cada una.

Las conducciones de entrada y salida son tuberías de PVC de diámetro 160 mm.

6.2.2. Digestor de fangos:

Se ha elegido una digestión de tipo aerobio, para una producción diaria de $12.30 \text{ m}^3/\text{día}$, con un tiempo de retención de 15.0 días. La concentración de sólidos volátiles alcanza el 70%, llegándose a una reducción de los mismos del 40%. Esto requiere un aporte de oxígeno total de $896.56 \text{ Kg}/\text{día}$.

El depósito es de planta cuadrada de 9.00 m de lado y altura 2.50 m. El pozo de bombas, para llevar los fangos digeridos a la etapa de secado, es rectangular: 1.50 x 1.45 m y altura 2.15 m, todo ello construido en hormigón H-250 y acero corrugado AEH - 400N.

El equipo de aireación está compuesto por dos turbinas (y una de reserva) de 20 CV cada una dispuestas sobre un puente metálico que cruza el depósito. Las dos bombas de extracción de fangos (una de reserva) tienen una potencia de 0.50 CV cada una.

Las conducciones de entrada y salida son tuberías de PVC de diámetro 160 mm.

6.2.3. Deshidratador de fangos:

Para la deshidratación de fangos se utilizará un filtro banda alojado en un edificio de planta baja construido a tal efecto. Sus dimensiones en planta son 9.10 x 9.10 m, construido en hormigón H-250 y acero corrugado AEH - 400N.

El secado se realizará por medio de un filtro banda, con una anchura de banda de 0.70 m, movido por un motor de arrastre de 2 CV de potencia y una bomba para el lavado de telas del filtro de 2 CV de potencia. Una vez secado el fango, será transportado a una tolva de almacenamiento de 3 m³ para su posterior retirada.

El sistema de dosificación de polielectrolito consta de un depósito de 1 m³ de capacidad, un agitador con una potencia de 0.25 CV y una bomba dosificadora de 0.25 CV de potencia.

6.3. UNIDADES AUXILIARES

6.3.1. Bombeo de sobrenadantes:

Los sobrenadantes producidos en los decantadores y espesador de fangos, así como el saneamiento de los edificios de secado y control son conducidos a una cámara de bombeo y de aquí recirculados a la cabeza del proceso.

La cámara de bombeo tiene una planta cuadrada de lado 2.00 m y altura 2.80 m. El espesor de las paredes es 0.30 m y el de la solera 0.35 m, todo ello ejecutado en hormigón H-250 y acero corrugado AEH - 400N.

El equipo de bombas está compuesto por dos unidades (una de reserva), de potencia 0.25 CV cada una, además de los sistemas necesarios para su funcionamiento automático.

6.3.2. Urbanización:

Saneamiento:

El saneamiento de los edificios de explotación y fangos se realiza por tuberías de 200 mm al pozo de bombeo de sobrenadantes. De esta forma los vertidos se mandan a la cabeza del proceso y son depurados.

Vial interior y acerado:

La parcela está recorrida por un vial de ancho 3.50 m. Asimismo, todos los elementos están circundados por un acerado de ancho 2.00 m de losas de hormigón.

Iluminación:

El alumbrado exterior se realiza con luminarias de 250 W con equipo incorporado en A.F. sobre columnas troncocónicas de 3.20 m de altura.

Para finalizar esta memoria se adjuntan los siguientes anexos con el fin de justificar la utilización tanto de tuberías, como de grupos de bombeo y determinados valores de carácter eléctrico que se utilizarán en la construcción de la planta proyectada. Además, se recogen estudios de impacto ambiental y seguridad e higiene, de explotación y mantenimiento, de instrumentación y control y bibliografía utilizada, en el orden que se detalla a continuación:

Anexo 1: Cálculo de tuberías.

Anexo 2: Cálculo eléctrico.

Anexo 3: Instrumentación y control.

Anexo 4: Estudio de Impacto Ambiental.

Anexo 5: Explotación y Mantenimiento.

Anexo 6: Estudio de Seguridad y Salud.

Anexo 7: Bibliografía.

ANEXO 1: CÁLCULO DE TUBERÍAS

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se detallan los cálculos hidráulicos que han determinado la disposición y el dimensionamiento de las tuberías que componen las instalaciones propuestas.

El estudio hidráulico para obtener la línea piezométrica se realiza partiendo de los elementos del tratamiento y adoptando márgenes de seguridad que garanticen el buen funcionamiento.

El proceso de cálculo consiste en evaluar independientemente las pérdidas de carga en los elementos hidráulicos más importantes con objeto de completar un cuadro en el que siguiendo la línea de agua, paso a paso, se obtenga la línea piezométrica.

2. CONSIDERACIONES GENERALES

2.1. DATOS DE PARTIDA

Los caudales de partida son los siguientes:

| Caudales (Q_{med}) | Trat. Primario | Trat. Secundario |
|---------------------------|-------------------|---------------------|
| (m^3/h) | 20 | 20 |
| (m^3/s) | 0.005 | 0.005 |

2.2. TIPOS DE TUBERÍAS

- Dentro de la planta vamos a tener varios tipos diferenciados de conducciones:

Tuberías de enlace entre los diferentes equipos:

Por ellas circularán las aguas residuales de un elemento a otro. La circulación se realizará por gravedad, siendo el diámetro de 100 mm, como se podrá comprobar más adelante.

Tuberías de vaciado:

Dada la escasez de cota, y el pequeño tamaño de la planta, es preferible usar una motobomba portátil para el vaciado de los elementos de la estación. En otro caso habría que afrontar la construcción de pozos de bombeo e instalación de las correspondientes bombas (opción más cara).

Tuberías de extracción de fangos:

Mediante las cuales se llevan los fangos depositados en los decantadores hacia el espesador de fangos por medio de un bombeo de los mismos.

Tubería de sobrenadantes:

Éstas sirven para evacuar las grasas y sólidos en suspensión que se obtienen en los decantadores y se envían a la cabeza del proceso. El enlace desde los decantadores y espesador de fangos con el pozo de bombeo será por gravedad.

Tuberías de saneamiento:

Mediante estas tuberías se realizará el saneamiento tanto del edificio de control como del edificio de secado. También existe una red de pluviales para desalojar el agua de lluvia que pueda caer en la planta. La sección de ambas redes es de 100 mm y la circulación se realizará por gravedad.

El material empleado en todas las conducciones va a ser PVC.

- Y fuera de la planta (para el emisor submarino), utilizaremos unas tuberías de polietileno de 800 mm, tanto terrestres, como marinas.

3. CÁLCULO DE LAS SECCIONES DE LAS TUBERÍAS

Para el dimensionamiento de las tuberías y para evitar una pérdida de carga elevada se tendrá en cuenta la siguiente limitación de velocidad: $V_{\text{máxima}} = 1.5 \text{ m/s}$, según bibliografía.

Como el caudal máximo es igual en todas las fases de depuración, tendremos las mismas secciones de tuberías en la línea de aguas tanto para el Tratamiento Primario como para el Tratamiento Secundario.

La sección necesaria para el caudal máximo es:

$$S = Q_{\text{med}}/V_{\text{max}} = 0.005/1.5 = 0.003 \text{ m}^2$$

Con lo que se obtiene un diámetro necesario de: $D = 65.14 \text{ mm}$.

Es necesario tomar una sección normalizada, por tanto, se va a utilizar una tubería de PVC de: **D = 100 mm**.

Con lo cual la velocidad máxima será:

$$V_{\text{máxima}} = 0.005 \text{ m}^3/\text{s} / (\pi \cdot 0.10^2/4) \text{ m}^2 = 0.63 \text{ m/s} \Rightarrow V_{\text{máxima}} = 0.63 \text{ m/s}$$

Este diámetro de 100 mm se utiliza, por tanto, para las tuberías de enlace entre elementos del tratamiento primario y secundario, siendo el diámetro de los demás tipos de conducciones, calculados de la misma forma, los siguientes:

Tuberías de extracción de fangos..... 160 mm

Tuberías de sobrenadantes..... 100 mm

A continuación, se comprueban los caudales y las velocidades que se obtienen para estos diámetros de tubería:

Tubería de extracción de fangos

El caudal máximo de fangos obtenidos en el dimensionamiento es de $49.13 \text{ m}^3/\text{d}$, que para un tiempo de bombeo de 1 hora por un diámetro de 160 mm, supone una velocidad máxima de circulación del fango de:

$$V = \frac{Q \text{ max}}{\text{Sección}} = \frac{0.0175 \text{ m}^3 / \text{s}}{0.0201 \text{ m}^2} = 0.8704 \text{ m / s}$$

La velocidad obtenida es inferior a 1.50 m/s, velocidad límite que se ha fijado inicialmente.

Tubería de sobrenadantes

El caudal máximo de sobrenadantes obtenidos en el dimensionamiento es de 51.89 m³/d, que para un diámetro de 100 mm, tal que el caudal que se bombea es de 15 m³/h, supone una velocidad máxima de circulación del fango:

$$V = \frac{Q \text{ max}}{\text{Sección}} = \frac{0.0041 \text{ m}^3 / \text{s}}{0.00785 \text{ m}^2} = 0.52 \text{ m / s}$$

Como puede comprobarse la velocidad de circulación es muy baja, sin embargo un diámetro menor supondría la posibilidad de atascamientos por lo que se opta por dicha sección de tubería..

4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA

4.1. METODOLOGÍA EMPLEADA

Como se ha indicado anteriormente el régimen de funcionamiento de agua residual a través de todo el proceso de tratamiento es mediante gravedad. Por tanto, es preciso conocer con exactitud la pérdida de carga a lo largo del proceso para la nivelación exacta de cada elemento y obtener un correcto funcionamiento.

Debido a la falta de desnivel en la parcela donde se instalará la planta será necesario un bombeo que proporcione cota suficiente para que el agua circule por gravedad a través de los distintos elementos que componen el tratamiento a partir de la instalación actual.

Se han considerado las siguientes pérdidas de carga:

1. - Pérdida de carga en conducciones.
2. - Pérdida de carga en elementos singulares.

4.2. PÉRDIDA DE CARGA EN CONDUCCIONES

Para su cálculo se va a utilizar la fórmula general de Darcy-Weisbach y el coeficiente de fricción de Colebrook, de pérdida de carga en tubería por metro lineal:

$$J = \lambda \cdot \frac{1}{\phi} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

siendo:

J = Pérdida de carga en la tubería (m).

ϕ = Diámetro de tubería (m).

g = Aceleración de la gravedad (m^2/s).

V = Velocidad del agua (m/s).

λ = Coeficiente de fricción. Este coeficiente lo calculamos mediante iteraciones con la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\frac{K}{3.71 \cdot \phi} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right]$$

siendo:

K = Rugosidad absoluta (según bibliografía = 0.0075 mm)

Re = N° de Reynolds, que viene dado por: $Re = \frac{V \cdot \phi}{\nu}$

siendo:

ν = viscosidad cinemática, para un agua residual y a una temperatura de 12°C toma el valor de $1.31 \cdot 10^{-6} m^2/s$, según bibliografía.

4.3. CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA POR METRO LINEAL DE TUBERÍA

▫ Tratamiento Primario y Tratamiento Secundario.

Con los parámetros que se tienen:

$$\phi = 100 \text{ mm.}$$

$$V_{\text{máxima}} = 0.63 \text{ m/s}$$

$$K = 0.0075 \text{ mm.}$$

$$v = 1.31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \Rightarrow \text{Re} = 4.81 \cdot 10^4$$

Obtenemos, haciendo iteraciones y sustituyendo en las expresiones anteriores, el coeficiente de fricción (λ) y la pérdida de carga por metro lineal de tubería (J):

$$\lambda = 0.21336$$

$$J = 4.32 \cdot 10^{-3} \text{ m/m}$$

▫ Bombeo de sobrenadantes.

Con los parámetros que se tienen:

$$\phi = 100 \text{ mm.}$$

$$V_{\text{máxima}} = 0.52 \text{ m/s}$$

$$K = 0.0075 \text{ mm.}$$

$$v = 1.31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \Rightarrow \text{Re} = 3.97 \cdot 10^4$$

Obtenemos, haciendo iteraciones y sustituyendo en las expresiones anteriores, el coeficiente de fricción (λ) y la pérdida de carga por metro lineal de tubería (J):

$$\lambda = 0.022$$

$$J = 3.07 \cdot 10^{-3} \text{ m/m}$$

▫ Extracción de fangos.

Con los parámetros que se tienen:

$$\phi = 160 \text{ mm}$$

$$V_{\text{máxima}} = 0.8704 \text{ m/s}$$

$$K = 0.0075 \text{ mm.}$$

$$\nu = 1.31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \Rightarrow \text{Re} = 10.63 \cdot 10^4$$

Obtenemos, haciendo iteraciones y sustituyendo en las expresiones anteriores, el coeficiente de fricción (λ) y la pérdida de carga por metro lineal de tubería (J):

$$\lambda = 0.018$$

$$J = 4.35 \cdot 10^{-3} \text{ m/m}$$

4.4. PÉRDIDA DE CARGA EN ELEMENTOS SINGULARES.

Los diferentes elementos de la planta, así como las desviaciones, codos, válvulas, etc., producen unas pérdidas de carga localizadas que se obtienen mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g}$$

siendo:

Δh = Pérdida de carga localizada del elemento singular.

V = Velocidad en la sección de referencia.

K = Coeficiente de pérdida de carga localizada. Dependiendo de la singularidad considerada toma los siguientes valores:

Desembocaduras K = 1

Embocaduras K = 0.5

Codos a 90° K = 1

Codos a 45° K = 0.5

Válvulas K = 0.8

Las pérdidas de carga producidas en los vertederos a la salida de los diferentes elementos se calcularán mediante la siguiente expresión:

$$\Delta h = \left(\frac{Q^2}{(\mu \cdot B)^2 \cdot 2g} \right)^{1/3}$$

Siendo:

Q = Caudal (m³/s)

B = Ancho del vertedero (m)

μ = Coeficiente del vertedero.

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

Δh = Pérdida de carga localizada (m)

5. PÉRDIDA DE CARGA EN LA LÍNEA DE AGUA

5.1. PÉRDIDA EN TUBERÍA DE ENLACE ENTRE LA CÁMARA DE BOMBEO Y LA DECANTACIÓN PRIMARIA

El agua residual es conducida hasta el decantador primario por medio de una tubería en PVC de $\phi = 100$ mm de 20.0 m de longitud. La conducción entra a la torre central de distribución del decantador primario por la parte inferior del mismo, y sale por cuatro orificios de sección rectangular de 0.15 x 0.30 m.

Las pérdidas de carga se calculan para el $Q_{med} = 0.005$ m³/s y una velocidad de paso máxima de $V = 0.63$ m/s. Así, a lo largo de la conducción se tienen las siguientes pérdidas de carga:

▫ Pérdida en embocadura

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} = 0.5 \cdot \frac{0.63^2}{2 \cdot 9.8} = 0.010125 \text{ m}$$

▫ Pérdida continua

$$\Delta h = J \cdot L = 7.8 \cdot 10^{-4} \cdot 20 = 0.0156 \text{ m}$$

▫ Pérdida por desembocadura en la torre de distribución del decantador

Calculando la velocidad de salida del agua residual por los orificios tenemos:

$$\text{Sección total} = 4 \cdot (0.15 \cdot 0.3) = 0.18 \text{ m}^2.$$

$$\text{Velocidad} = Q/S = 0.005/0.18 = 0.027 \text{ m/s}$$

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} = 1.4 \cdot \frac{0.027^2}{2 \cdot 9.8} = 0.000052 \text{ m}$$

▫ Pérdida por cambio de dirección

La conducción tiene 4 codos de 90° a la entrada del decantador, esto provoca unas pérdidas de carga de:

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} = 1 \cdot \frac{0.027^2}{2 \cdot 9.8} = 0.000037 \text{ m} , \text{ cada codo de } 90^\circ$$

En total se tiene una pérdida de cota en la conducción de:

$$\Delta h = 0.010125 + 0.0156 + 0.000052 + 4 \cdot 0.000037 = 0.0259 \text{ m}$$

5.2. PÉRDIDA DE CARGA EN EL DECANTADOR PRIMARIO

El agua residual sale del decantador por un vertedero perimetral, que en este caso tiene una longitud de 17.59 m, a modo de aberturas en las paredes del decantador. Se utilizan vertederos triangulares con 10 unidades de vertido por metro lineal. Del decantador el agua pasa a un canal perimetral de 0.20 m de resguardo, posteriormente pasa a una arqueta de salida.

Para calcular la pérdida de carga en los vertederos triangulares se toma la fórmula de Gourley, que para un ángulo del triángulo de 90° vale:

$$Q = 1.32 \cdot \Delta h^{2.47}$$

En el decantador primario tenemos las siguientes condiciones:

Diámetro del decantador = 5.6 m

Longitud total de aliviadero = 17.59 m

Nº de vertederos = 176

Caudal por vertedero = $0.005 / 176 = 2.84 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

De donde sustituyendo en la expresión anterior tenemos una pérdida de carga de: $\Delta h = 0.0128 \text{ m}$. Entonces la pérdida de carga total en el decantador primario es:

$$\Delta h = 0.0128 + 0.200 = 0.2128 \text{ m}$$

5.3. PÉRDIDA EN TUBERÍA DE ENLACE DECANTACIÓN PRIMARIA - BIODISCOS.

La longitud de la conducción es de 7.0 m y con las siguientes condiciones:

$$\phi \text{ tubería} = 100 \text{ mm.}$$

$$Q_{\max} = 0.005 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$V = 0.63 \text{ m/s}$$

Las pérdidas de carga serán:

- Pérdida en embocadura

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} = 0.5 \cdot \frac{0.63^2}{2 \cdot 9.8} = 0.010125 \text{ m}$$

- Pérdida continua

$$\Delta h = J \cdot L = 7.8 \cdot 10^{-4} \cdot 7.0 = 0.00546 \text{ m}$$

- Pérdida en codos: dos codos de 90°

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} = 1 \cdot \frac{0.63^2}{2 \cdot 9.8} = 0.02025 \text{ m}$$

- Pérdida por desembocadura en la arqueta de entrada a biodiscos

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} = 1 \cdot \frac{0.63^2}{2 \cdot 9.8} = 0.02025 \text{ m}$$

Con lo que se calcula una pérdida de carga total de:

$$\Delta h = 0.010125 + 0.00546 + 2 \cdot 0.02025 + 0.02025 = 0.076335 \text{ m}$$

5.4. PÉRDIDA DE CARGA EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO: BIODISCOS.

Tanto la entrada del agua residual como la salida de la misma por los biodiscos, se realizan mediante un vertedero de pared gruesa, que produce una pérdida de carga calculada, según bibliografía, con la siguiente expresión:

$$Q = \mu \cdot B \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Tomando los parámetros los siguientes valores:

$$\mu = 0.45$$

$$B = 4.50 \text{ m}$$

$$Q_{\text{med}} = 0.005 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Despejando la pérdida de carga obtenemos:

$$\Delta h = \left(\frac{Q^2}{(\mu \cdot B)^2 \cdot 2g} \right)^{1/3} = \left(\frac{0.005^2}{(0.45 \cdot 4.50)^2 \cdot 2 \cdot 9.8} \right)^{1/3} = 0.00677 \text{ m}$$

También se produce una pérdida de carga en el paso del agua residual por los 4 biodiscos, este valor lo proporciona el fabricante y equivale a 0.25 m. A la salida de los biodiscos el agua pasa a una arqueta de la que parte la conducción al decantador secundario.

Con todo se tiene una pérdida de carga en el tratamiento biológico de:

$$\Delta h = 0.00677 + 0.250 + 0.00677 = 0.2635 \text{ m}$$

5.5. PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍA DE ENLACE BIODISCOS – DECANTADOR SECUNDARIO

De igual modo que en el decantador primario, el agua entra por la parte inferior de éste a la torre de reparto en el centro del decantador y sale al exterior por cuatro aberturas de dimensiones 0.2 x 0.4 m

Las pérdidas de carga se calculan para el $Q_{\text{med}} = 0.005 \text{ m}^3/\text{s}$ y una velocidad de paso máxima de $V = 0.63 \text{ m/s}$.

La longitud de la tubería de enlace es de 7.0 m. Entonces a lo largo de la conducción se tienen las siguientes pérdidas de carga:

▫ Pérdida en embocadura

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} = 0.5 \cdot \frac{0.63^2}{2 \cdot 9.8} = 0.010125 \text{ m}$$

▫ Pérdida continua

$$\Delta h = J \cdot L = 0.0066 \cdot 7 = 0.0462 \text{ m}$$

- Pérdida por desembocadura en la torre de distribución del decantador

Calculando la velocidad de salida del agua residual por los orificios tenemos:

$$\text{Sección total} = 4 \cdot (0.2 \cdot 0.4) = 0.32 \text{ m}^2.$$

Velocidad = $Q/S = 0.005/0.32 = 0.015625 \text{ m/s}$.

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} = 1.4 \cdot \frac{0.015625^2}{2 \cdot 9.8} = 0.0000174 \text{ m}$$

- Pérdida por cambio de dirección

La conducción tiene 4 codos de 90° a la salida del biodisco y a la entrada del decantador, esto provoca unas pérdidas de carga de:

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} = 1 \cdot \frac{0.63^2}{2 \cdot 9.8} = 0.02025 \text{ m} \text{ , cada codo de } 90^\circ$$

En total se tienen unas pérdidas de carga en la conducción de:

$$\Delta h = 0.010125 + 0.0468 + 0.0000174 + 4 \cdot 0.02025 = 0.1379424 \text{ m}$$

5.6. PÉRDIDA DE CARGA EN EL DECANTADOR SECUNDARIO

El agua residual sale del decantador por un vertedero perimetral, que en este caso tiene una longitud de 16.6 m, a modo de aberturas en las paredes del decantador. Se utilizan vertederos triangulares con 10 unidades de vertido por metro lineal. Del decantador el agua pasa a un canal perimetral de 0.20 m de resguardo, posteriormente pasa a una arqueta de salida.

Para calcular la pérdida de carga en los vertederos triangulares se utiliza (como anteriormente) la fórmula de Gourley, que para un ángulo del triángulo de 90° vale:

$$Q = 1.32 \cdot \Delta h^{2.47}$$

En el decantador secundario tenemos las siguientes condiciones:

Diámetro del decantador = 5.30 m

Longitud total de aliviadero = 16.6 m

Nº de vertederos = 166

Caudal por vertedero = $0.005 / 166 = 3.01 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

De donde sustituyendo en la expresión anterior se calcula una pérdida de carga de $\Rightarrow \Delta h = 0.0132$ m. Entonces la pérdida de carga total en el decantador secundario es:

$$\Delta h = 0.0132 + 0.200 = 0.2132 \text{ m}$$

5.7. PÉRDIDAS DE CARGA EN TODO EL PROCESO

| | |
|--|----------|
| Pérdida entre la cámara de bombeo y el decantador primario.... | 0.0259 m |
| Decantador primario..... | 0.2128 m |
| Pérdida entre decantador primario y biodiscos..... | 0.0763 m |
| Perdida en biodiscos..... | 0.2635 m |
| Pérdida biodiscos - decantador secundario..... | 0.1379 m |
| Decantador secundario..... | 0.2132 m |

La pérdida total a lo largo del proceso de depuración es de **0.9296 m**

6. RED DE SOBRENADANTES

La red de sobrenadantes está compuesta por dos tipos de conducciones:

- *De gravedad*: son las que llevan el agua a la cámara de bombeo. Proceden del edificio de explotación, de los decantadores y el espesador de fangos.
- *A presión*: es a través de la cuál se impulsa el agua hasta el decantador primario.

Las características de las tuberías, evaluadas anteriormente son:

- Conducción del decantador primario a la cámara de bombeo:

ϕ : 100 mm

Tipo: PVC.

Longitud: 25.00 m

- Conducción del decantador secundario a la cámara de bombeo:

ϕ : 100 mm

Tipo: PVC.

Longitud: 6.00 m

- Conducción del espesador a la cámara de bombeo:

ϕ : 100 mm

Tipo: PVC.

Longitud: 6.00 m

- Conducción del edificio de explotación a la cámara de bombeo:

ϕ : 100 mm

Tipo: PVC.

Longitud: 62.00 m

- Conducción de la cámara de bombeo al decantador primario.

ϕ : 100 mm

Tipo: PVC.

Longitud: 25.00 m

A presión.

6.1. PÉRDIDA EN TUBERÍA DE ENLACE ENTRE LA CÁMARA DE BOMBEO Y LA CABEZA DEL PROCESO

El agua residual es bombeada por una tubería en PVC de $\phi = 100$ mm de 25.00 m de longitud con dos codos de 90° .

Las pérdidas de carga se calculan para el $Q_{\text{bomba}} = 0.0011$ m³/s y una velocidad de paso máxima de $V = 0.15$ m/s

Entonces a lo largo de la conducción se tienen las siguientes pérdidas de carga:

▫ Pérdida continua

$$\Delta h = J \cdot L = 0.0010 \cdot 25.00 = 0.025 \text{ m}$$

▫ Pérdida en desembocadura

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} = 0.5 \cdot \frac{0.15^2}{2 \cdot 9.8} = 0.001 \text{ m}$$

▫ Pérdida por cambio de dirección

La conducción tiene 2 codos de 90° a la entrada del decantador, esto provoca unas pérdidas de carga de:

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} = 1 \cdot \frac{0.15^2}{2 \cdot 9.8} = 0.002 \text{ m} , \text{ cada codo de } 90^\circ$$

En total tenemos unas pérdidas de carga en la conducción de:

$$\Delta h = 0.025 + 0.001 + 2 \cdot 0.002 = 0.03 \text{ m}$$

ANEXO 2: CÁLCULO ELÉCTRICO

1. INTRODUCCIÓN

1.1. REGLAMENTACIÓN

En la redacción del presente capítulo se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión Decreto 3151/68 de 28 de Noviembre.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Decreto 2413/73 de 20 de Septiembre y 2295/85 de 9 de Octubre.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Decreto 3275/82 de 12 de Noviembre y O.M. del 23 de Junio de 1988.
- Hojas de Interpretación a diversas Instrucciones Complementarias, editadas por la dirección General de la Energía.
- Normas particulares de la C^{ía}. Sevillana de Electricidad S.A.

1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES

Para una mejor descripción de las instalaciones, se dividirá en los siguientes apartados:

- Línea de alta tensión.
- Centro transformador.
- Cuadro de distribución (C.C.M.).
- Línea de Baja Tensión.
- Alumbrado exterior e interior.

1.2.1. Línea de alta tensión:

La energía será suministrada por la Compañía de Electricidad, en corriente alterna trifásica de 50 Hz de frecuencia y 25 kV de tensión compuesta. Esta energía procede del transformador principal de la población, por ser el punto más cercano, distante 1120 m de la planta de depuración.

La acometida en alta tensión se realiza con una línea aérea LA –56 sobre apoyos metálicos de angular galvanizado.

1.2.2. Centro de transformación:

Junto a la planta existe un centro de transformación situado en un edificio prefabricado y que queda definido como caseta prefabricada S. T. H. Módulo BM3-14. Desde allí saldrá una línea de baja tensión hacia el edificio de control donde estará el cuadro de control general. Desde este cuadro saldrán las diferentes líneas de baja tensión hacia cada elemento.

1.2.3. Cuadros de distribución:

La planta contará con dos cuadros de control de motores situados en los edificios de control y secado de fangos.

Cada uno de ellos se equipa con las protecciones magnéticas, diferenciales, térmicas y arrancadores (directos hasta 7.5 Kw y estrella – triángulo a partir de esta potencia) de los motores. Además, el armario contendrá el PLC de control de su zona.

1.2.4. Líneas:

Todos los conductores exteriores y de alimentación a motores de la planta serán del tipo RV 0.6/1 KV Cu, conducidos en zanja reglamentaria o bajo tubo de PVC de canalización para las distribuciones y bajo canal de PVC cerrado en instalaciones vistas.

La llegada a motores se ejecuta con tubo de PVC más acero con racores, etc. para terminar una instalación completamente estanca.

Sólo la instalación de alumbrado de los edificios permitirá el uso de cable 750 V bajo canal o tubo de PVC rígido y flexible reforzado según se trate de instalación vista o empotrada.

1.2.5. Alumbrado interior y exterior:

El alumbrado de los edificios se conseguirá a base de luminarias para lámparas fluorescentes de 36 W en A.F.

Se utilizarán pantallas de empotrar o salientes con difusor laminar antideslumbrante en el edificio de control y luminarias estancas IP55 en el de secado de fangos.

El alumbrado exterior se realiza con luminarias de 250 W con equipo incorporado en A.F. sobre columnas troncocónicas de 3.2 m de altura.

Finalmente, diremos que tendremos dos aparatos contadores:

- Uno para el edificio de control y alumbrado publico.
- Otro para los motores y bombas.

2. CÁLCULO DE LA POTENCIA NECESARIA

2.1. POTENCIA EN FUERZA MOTRIZ

Se va a calcular, en primer lugar, la potencia necesaria de todo el equipo electromecánico utilizado en la planta. Así, la potencia necesaria para las bombas, en cada parte del proceso, se calculará con la siguiente fórmula, según bibliografía:

$$P = c \cdot \frac{W \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}$$

donde:

P = Potencia (CV)

W = peso específico del liquido (Kg/m³)

Q = Caudal a elevar (m³/s)

H = Altura manométrica en metros.

η_1 = Rendimiento de la bomba ≈ 0.8 (según bibliografía)

η_2 = Rendimiento del motor ≈ 0.85 (según bibliografía)

Coefficiente de disminución de rendimiento para aguas residuales $c = 1.25$

2.1.1. Decantador primario:

▫ Bomba de extracción de los fangos primarios.

La potencia necesaria viene determinada por el caudal de fangos a extraer y su altura de elevación:

$$- Q_{\text{fangos}} = 19 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$- h_{\text{elevación}} = 2.5 \text{ m.}$$

Se utilizará una bomba que funcionará 4 horas al día, la potencia necesaria es:

$$P = c \cdot \frac{W \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} \Rightarrow P = 1.25 \cdot \frac{1000 \cdot 0.0013 \cdot 2.5}{75 \cdot 0.8 \cdot 0.85} = 0.080 \text{ CV}$$

siendo:

$$C = 1.25$$

$$W = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$Q = 4.75 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0013 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$H = \text{Altura de elevación } 2.5 \text{ m.}$$

$$\eta_1 = \text{Rendimiento de la bomba } \approx 0.8$$

$$\eta_2 = \text{Rendimiento del motor } \approx 0.85$$

Se instalarán 2 bombas con una potencia de **0.50 CV**, (1 de reserva).

▫ Motorreductor del puente del decantador primario con una potencia de 1.00 CV.

2.1.2. Biodiscos:

El tratamiento biológico estará formado por 4 unidades de contactores biológicos rotativos, del modelo B 240-60-1, que necesitarán unos motorreductores de una potencia instalada de 3 Kw cada uno. Por tanto, la potencia total en CV necesaria es de **2.5 CV** cada uno.

2.1.3. Decantador secundario:

- Bomba de extracción de los fangos secundarios.

La potencia necesaria viene determinada por el caudal de fangos a extraer y su altura de elevación:

- $Q_{\text{fangos}} = 43.82 \text{ m}^3/\text{d}.$

- $h_{\text{elevación}} = 3.00 \text{ m}.$

Se utilizará una bomba que funcionara 4 horas al día, la potencia necesaria es:

$$P = c \cdot \frac{W \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} \Rightarrow P = 1.25 \cdot \frac{1000 \cdot 0.0030 \cdot 3.0}{75 \cdot 0.8 \cdot 0.85} = 0.220 \text{ CV}$$

siendo:

$$C = 1.25$$

$$W = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$Q = 10.95 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0030 \text{ m}^3/\text{sg}.$$

$$H = \text{Altura de elevación } 3.0 \text{ m}.$$

$$\eta_1 = \text{Rendimiento de la bomba } \approx 0.8$$

$$\eta_2 = \text{Rendimiento del motor } \approx 0.85$$

Se instalarán 2 bombas con una potencia de **0.50 CV** (1 de reserva).

- Motorreductor del puente del decantador secundario con una potencia de 1.00 CV.

2.1.4. Espesador de fangos:

- Bomba de extracción de los fangos mixtos a digestión.

La potencia necesaria viene determinada por el caudal de fangos a extraer y su altura de elevación:

- $Q_{\text{fangos}} = 62.82 \text{ m}^3/\text{d}.$

- $h_{\text{elevación}} = 2.75 \text{ m}.$

Se utilizará una bomba que funcionará 4 horas al día y cuya potencia necesaria es:

$$P = c \cdot \frac{W \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} \Rightarrow P = 1.25 \cdot \frac{1000 \cdot 0.0043 \cdot 2.75}{75 \cdot 0.8 \cdot 0.85} = 0.294 \text{ CV}$$

siendo:

$$C = 1.25$$

$$W = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$Q = 15.70 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0043 \text{ m}^3/\text{sg.}$$

$$H = \text{Altura de elevación } 2.75 \text{ m.}$$

$$\eta_1 = \text{Rendimiento de la bomba} \approx 0.8$$

$$\eta_2 = \text{Rendimiento del motor} \approx 0.85$$

Se instalan 2 bombas con una potencia de **0.50 CV** (1 de reserva).

- Motorreductor de arrastre del conjunto de rasquetas con una potencia de 1.00 CV.

2.1.5. Digestor aerobio:

- Dos bombas de extracción de los fangos hacia el secado de 0.50 CV de potencia (1 de reserva).
- Aireación mediante dos turbinas de 15 CV cada una.

2.1.6. Deshidratador de fangos:

Para el secado de los fangos se va a utilizar un filtro banda que necesita las siguientes potencias en los diferentes elementos:

- Motor de arrastre de 2.0 CV de potencia.
- Bomba para el lavado de telas del filtro banda de 2.0 CV de potencia.
- Agitador de polielectrolito de 0.25 CV de potencia.
- Bomba dosificadora de polielectrolito de 0.25 CV de potencia.
- Cinta transportadora de fangos hasta contenedor de 1 CV de potencia

2.1.7. Bombeo de sobrenadantes:

- Bomba para la elevación de los sobrenadantes a la cabecera de planta.

La potencia necesaria viene determinada por el caudal de fangos a extraer y su altura de elevación, el régimen de funcionamiento ya ha sido calculado en el Anexo “Dimensionado de Equipos”.

- $Q_{\text{sobren.}} = 4.0 \text{ m}^3/\text{hora}$.

- $h_{\text{elevación}} = 2.0 \text{ m}$

$$P = c \cdot \frac{W \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} \Rightarrow P = 1.25 \cdot \frac{1000 \cdot 0.0041 \cdot 2.0}{75 \cdot 0.8 \cdot 0.85} = 0.20 \text{ CV}$$

con:

$$C = 1.25$$

$$W = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$Q = 15 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0041 \text{ m}^3/\text{sg.}$$

$$H = \text{Altura de elevación } 2.0 \text{ m}$$

$$\eta_1 = \text{Rendimiento de la bomba } \approx 0.8$$

$$\eta_2 = \text{Rendimiento del motor } \approx 0.85$$

Se instalan 2 bombas con una potencia de **0.25 CV** (1 de reserva).

2.1.8. Instrumentación:

La planta tendrá los siguientes equipos de medida:

- 2 Medidores de agua bruta mediante Parshall de 0.1 Kw potencia cada uno; en total 0.2 Kw.
- Medidor de pH de agua en el decantador primario de 0.1 Kw de potencia.
- Medidor de caudal de deshidratación de 0.1 Kw de potencia.

2.1.9. Potencia total fuerza motriz:

La potencia total necesaria en la planta es la siguiente:

| | |
|---|-------------|
| 1 Ud. Motorreductor puente decantador primario | 1 CV |
| 2 Ud. Bomba extracción de fangos primarios | 2 x 0.5 CV |
| 4 Ud. Contactores biológicos rotativos | 4 x 2.5 CV |
| 1 Ud. Motorreductor puente decantador secundario | 1 CV |
| 2 Ud. Bomba extracción de fangos secundarios | 2 x 0.5 CV |
| 1 Ud. Motorreductor de rasquetas del espesador | 1 CV |
| 2 Ud. Bombas de extracción de los fangos mixtos a digestión | 2 x 0.5 CV |
| 2 Ud. Turbinas de aireación | 2 x 15 CV |
| 2 Ud. Bombas de extracción de los fangos hacia el secado | 2 x 0.5 CV |
| 1 Ud. Motor de arrastre del filtro banda | 2 CV |
| 1 Ud. Bomba para el lavado de telas del filtro banda | 2 CV |
| 1 Ud. Bomba dosificación polielectrolito | 0.25 CV |
| 1 Ud. Agitador polielectrolito | 0.25 CV |
| 1 Ud. Motorreductor cinta transportadora | 1 CV |
| 2 Ud. Bomba de sobrenadantes | 2 x 0.25 CV |
| TOTAL | 53 CV |

Si se expresa la potencia en Kw ($1 \text{ CV} = 0.736 \text{ Kw}$), la potencia necesaria asciende a 39.01 Kw que multiplicándola por 1.25 del factor de picos de corriente en motores nos da un total de 48.76 Kw.

A esta potencia le sumamos 0.4 Kw consumidos por los equipos de instrumentación, obteniéndose un total de:

Potencia total consumida por equipos = 49.16 Kw.

2.2. POTENCIA EN ALUMBRADO Y OTROS USOS

La potencia instalada en la planta tiene dos usos diferentes:

- Alumbrado interior: que comprende la potencia necesaria para edificio de control, para su iluminación y para los diferentes aparatos eléctricos (ordenadores, aire acondicionado, etc.).

- Alumbrado exterior: toda la parcela que ocupa la planta estará iluminada por farolas. Se tendrán un total de 20 farolas de 250 W. Esto supondrá una potencia necesaria (teniendo en cuenta un 10 % de factor de picos) de: $1.1 \cdot 250 \cdot 20 = 5.500 \text{ w}$.
No obstante, se adoptará, como se verá a continuación, una potencia de 10 Kw.

Para estas dos partidas se le ha dotado de una potencia de:

Alumbrado interior 5 Kw

Alumbrado exterior 10 Kw

TOTAL 15 Kw

2.3. POTENCIA TOTAL

Una vez obtenidas todas las potencias necesarias para los equipos electromecánicos de la planta, así como, la potencia para el alumbrado, es posible determinar la potencia total necesaria en la planta de depuración.

$$\text{Potencia total} = 49.16 \text{ Kw} + 15 \text{ Kw} = 64.16 \text{ Kw}$$

| |
|---------------------------|
| Potencia total = 64.16 Kw |
|---------------------------|

3. FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS

| EQUIPOS | UDS | POT. kW/u d. | DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO |
|--|-----|--------------------|--|
| Puente decantador primario | 1 | 0.74 | Fuerza y señalización a cuadro de control. Funcionamiento en continuo. Interruptor local MAN-O-AUTOM. |
| Bomba extracción fangos primarios | 2 | 0.37 | 1 + 1 .Fuerza y señalización a cuadro de control. Funcionamiento automático temporizado. Reloj cuentahoras y alternancia de equipos. Interruptor local MAN-O-AUTOM. |
| Biodiscos | 4 | 1.84 | Fuerza y señalización a cuadro de control. Funcionamiento: a) automático temporizado con reloj cuentahoras b) manual alternancia de arranques y paradas |
| Puente decantador secundario | 1 | 0.74 | Fuerza y señalización a cuadro de control. Funcionamiento en continuo. Interruptor local MAN-O-AUTOM. |
| Bomba extracción fangos secundarios | 2 | 0.37 | 1 + 1 .Fuerza y señalización a cuadro de control. Funcionamiento automático temporizado. Reloj cuentahoras y alternancia de equipos. Interruptor local MAN-O-AUTOM. |
| Puente espesador | 1 | 0.74 | Fuerza y señalización a cuadro de control. Funcionamiento en continuo. Interruptor local MAN-O-AUTOM. |
| Bomba extracción fangos mixtos | 2 | 0.37 | 1 + 1 .Fuerza y señalización a cuadro de control. Funcionamiento automático temporizado. Reloj cuentahoras y alternancia de equipos. Interruptor local MAN-O-AUTOM. |

| | | | |
|---|---|-------|--|
| Turbinas del digestor | 2 | 11.04 | Fuerza y señalización a cuadro de control. Funcionamiento: a) automático temporizado con reloj cuentahoras b) manual alternancia de arranques y paradas |
| Bomba extracción fangos mixtos (digestor) | 2 | 0.37 | 1 + 1 .Fuerza y señalización a cuadro de control. Funcionamiento automático temporizado. Reloj cuentahoras y alternancia de equipos. Interruptor local MAN-O-AUTOM. |
| Motor filtro de banda | 1 | 1.47 | Fuerza y señalización a cuadro de control. Accionamiento manual. Interruptor local MAN-O-AUTOM. |
| Bomba lavado de telas | 3 | 1.47 | 2 + 1. Fuerza y señalización a cuadro de control. Accionamiento enclavado con el filtro de banda. Posibilidad de arranque manual. Interruptor local MAN-O-AUTOM. |
| Agitador polielectrolito | 1 | 0.18 | Fuerza y señalización a cuadro de control. Accionamiento manual. |
| Bomba dosificadora de polielectrolito | 1 | 0.18 | Fuerza y señalización a cuadro de control. Accionamiento manual. Interruptor local MAN-O-AUTOM. |
| Cinta transportadora | 1 | 0.74 | Fuerza y señalización a cuadro de control. Accionamiento manual. Interruptor local MAN-O-AUTOM. |
| Bombeo sobrenadantes | 2 | 0.18 | 1 + 1. Fuerza y señalización a cuadro de control. Funcionamiento automático temporizado. Reloj cuentahoras y alternancia de equipos. Interruptor local MAN-O-AUTOM. |
| Medidor Parshall | 2 | 0.1 | Fuerza y señalización a cuadro de control. Señal de salida 4-20 mA. Pulsos libre de tensión. Medidor ultrasonidos. Envío de señal a pupitre por PLC. |
| Medidor pH | 1 | 0.1 | Fuerza y señalización a cuadro de control. Señal de |

| | | | | |
|---------------------------|--------|---|--|--|
| | | | salida 4-20 mA. Peachímetro. Envío de señal a pupitre por PLC. | |
| Medidor deshidratación | caudal | 1 | 0.1 | Fuerza y señalización a cuadro de control. Señal de salida 4-20 mA. Pulsos libre de tensión. Medidor electromagnético. |

ANEXO 3: INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

1. INTRODUCCIÓN

El control adecuado del proceso de depuración mejora su eficacia y permite obtener un efluente de calidad uniforme. Los aspectos a tener en cuenta para el diseño de un sistema adecuado de control son los siguientes:

- Planificación detallada del proceso y de su supervisión.
- Adecuado seguimiento de los caudales de agua residual durante el proceso.
- Adecuada de caracterización del agua.

El control del proceso se puede realizar de dos formas:

▫ Control Manual.

El control manual se basa en una serie de acciones de medir, comparar, calcular y corregir a través de un operario. El proceso se lleva a cabo en una cadena cerrada de acciones, hasta que se alcance el valor necesario de la variable que se está controlando y se llegue al equilibrio.

El problema básico del control manual es que la corrección de una variación no puede hacerse hasta que se conoce el efecto de la misma, pero los retardos del proceso exigen que pase algún tiempo antes de conocer el efecto de la corrección.

▫ Control Automático.

Un controlador automático puede definirse como un mecanismo que mide una variable en un proceso y opera para limitar su desviación del valor deseado, cuando existen variaciones respecto a ese valor se producen acciones correctivas, según la desviación, sin que en estas acciones intervenga el elemento humano. Una variable de proceso mantenida dentro de unos límites se llama variable controlada.

El controlador regula la variable controlada mediante correcciones de otra variable, llamada variable manipulada o reguladora. Por tanto la función del controlador del proceso es manipular la relación input-output de energía (o de materia) de manera que las variables de proceso se mantengan dentro de los límites deseados.

Los tipos de regulación que se usan dentro del sistema de regulación automática son los siguientes:

- Regulación todo-nada.

Es el sistema de regulación más sencillo, y en él el elemento final de control se mueve de una a otra de sus dos posiciones fijas.

- Regulación de acción proporcional.

En este sistema, la variación de la posición del elemento final de control se hace proporcional a la desviación de la variable controlada respecto a su punto de consigna; es decir, la válvula se mueve una cantidad fija para cada unidad de desviación. Se demuestra matemáticamente, que después de una perturbación, una simple acción proporcional, no lleva el valor de la variable regulada a su punto de consigna.

El control proporcional se define por la llamada banda proporcional, que es la variación necesaria, en la variable regulada, para provocar una carrera completa del elemento final de control. El valor de la banda proporcional de un instrumento se expresa en % de su campo de medida total.

La regulación proporcional cambia la posición de la válvula proporcionalmente a la desviación de la variable con respecto al punto de consigna, pero deja una cierta desviación entre éste y el valor regulado.

- Regulación de acción integral

Consiste en hacer proporcional la intensidad de la acción sobre la magnitud reguladora, a la integral en el tiempo de las desviaciones entre el valor instantáneo de la variable regulada y su valor de consigna.

La acción integral más proporcional, lleva lentamente la magnitud regulada a su valor de consigna, actuando en forma tal que una aposición de la válvula cambia proporcionalmente a la desviación de la variable regulada con respecto al punto de consigna y con una velocidad también proporcional a dicha desviación.

- Regulación de acción derivada.

La acción proporcional no hace intervenir el factor tiempo en su actuación, y en la acción integral sólo interviene progresivamente. Como consecuencia de ello, una regulación limitada a las acciones proporcional-integral es incapaz de corregir el efecto de una perturbación de una manera rápida. Una corrección proporcional a la velocidad de perturbación, se realiza automáticamente mediante una regulación de acción derivada. La regulación derivada consiste en hacer proporcional la intensidad de la acción sobre la magnitud reguladora, a la derivada, con respecto al tiempo, de la desviación entre el valor instantáneo de la magnitud regulada y su valor de consigna.

La acción proporcional, más integral, más derivativa anula con mayor rapidez la desviación creada por la perturbación, de forma tal que la posición de la válvula cambia proporcionalmente a la desviación de la variable regulada con respecto a su punto de consigna, con una velocidad proporcional al valor de dicha desviación, y de modo proporcional a la velocidad de variación de la desviación de la variable con respecto al punto de consigna.

Todos estos sistemas anteriores se basan en la realimentación continua de la señal de error del proceso, a través del controlador, con el fin de conseguir la estabilidad de la variable controlada. Estos sistemas tienen la desventaja del retardo que se produce debido a que es necesario que exista una señal de error para que el controlador comience a actuar. Para paliar este error se han diseñado sistemas que mejoran la estabilidad del circuito, siendo las más importantes las siguientes:

1. - Control en cascada.
2. - Control de relación, en el que una variable del sistema es controlada en relación a otra variable. Este sistema satisface el control de la relación entre dos medidas, que suelen ser caudales de fluidos.
3. - Control de gama partida, en el cual una variable manipulada tiene preferencia a otras.

Puede considerarse que, de hecho, el control se efectúa a cuatro niveles, de la siguiente manera:

- Controladores instalados en diversos puntos de la instalación.
- Un ordenador central, o diversos ordenadores en puntos distintos de la cadena para vigilar y controlar el proceso global.
- Un ordenador de supervisión que analiza los datos del proceso y presenta una información resumida que facilita tomar decisiones.
- Una conexión que acepte e introduzca datos provenientes del ordenador de supervisión para la modificación del proceso.

2. INSTRUMENTACIÓN DE LA PLANTA

La planta dispone de los siguientes equipos de medida:

- Medidores de agua bruta tipo Parshall (2).
- Medidor de pH de agua en el decantador primario.
- Medidor de caudal de deshidratación.

2.1. MEDIDOR TIPO PARSHALL

Para medir el caudal de agua bruta se instala un medidor PARSHALL (modelo G = 200) de acero galvanizado, que consiste en crear un estrechamiento que permita que la columna de agua llegue a velocidad constante al medidor y se eleve una determinada altura. El medidor toma este dato de diferencia de altura mediante un sensor de ultrasonido que está conectado a una unidad electrónica remota. Las unidades sensoras son de aluminio y pueden ser usadas en cualquier tipo de proceso.

Características técnicas:

Potencia: 0.1 Kw

Fuerza y señalización a cuadro de control.

Señal de salida 4-20 mA.

Pulsos libre de tensión.

Medidor ultrasonidos.

Envío de señal a pupitre por PLC.

2.2. MEDIDOR DE pH

Para medir el pH del agua en el decantador primario se instala un peachímetro, que envía la medida tomada por un sensor hacia una unidad electrónica remota. Las unidades sensoras son de aluminio y pueden ser usadas en cualquier tipo de proceso.

Características técnicas:

Potencia: 0.1 Kw

Fuerza y señalización a cuadro de control.

Señal de salida 4-20 mA.

pHmetro.

Envío de señal a pupitre por PLC.

2.3. MEDIDOR DE CAUDAL DE DESHIDRATACIÓN

Para medir el caudal de deshidratación se instala un medidor MICRO MOTION (modelo D), que consiste en dos tubos de flujo sin obstrucciones en un alojamiento del sensor de acero inoxidable conectado a una unidad electrónica remota. Las unidades sensoras son de aluminio y pueden ser usadas en cualquier tipo de proceso.

Debido a que mide caudal directamente, los problemas relacionados con los cambios de densidad, viscosidad, temperatura y presión del fluido son prácticamente eliminados.

Características técnicas:

Potencia: 0.1 Kw

Fuerza y señalización a cuadro de control.

Señal de salida 4-20 mA.

Pulsos libre de tensión.

Medidor electromagnético.

Envío de señal a pupitre por PLC.

ANEXO 4: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto del presente anexo a la memoria es el de mostrar la situación medioambiental de la planta depuradora que se va a construir.

Un estudio de impacto ambiental se define, por la Ley 7/94 de Protección Ambiental, como un conjunto de documentos que, de forma diferenciada, deben presentar los titulares de los planes, programas, proyectos de construcción, instalaciones y obras públicas y privadas, de acuerdo con lo previsto en el citado reglamento, en el que se analice la información necesaria para evaluar las consecuencias ambientales de la actuación.

2. ANTECEDENTES

La comunidad autónoma andaluza posee legislación ambiental propia, “Ley 7/94 de Protección Ambiental Andaluza“, por lo que se exige la aprobación de los organismos competentes en esta materia para la implantación de cualquier actividad o actuación humana susceptible de incidir de forma negativa sobre el medio ambiente.

El desarrollo reglamentario de la ley abarca:

Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental

Reglamento de Calificación Ambiental

Reglamento de Informe Ambiental

Reglamento de Calidad de las Aguas Litorales

Reglamento de Residuos de Andalucía

Reglamento de la Calidad del Aire

Existen tres procedimientos administrativos bien diferenciados recogidos dentro de esta ley, atendiendo al tipo de actividad que se vaya a desarrollar. La clasificación de las actividades susceptibles de sufrir alguno de estos procedimientos aparecen recogidas en los Anexos I, II, y III de la Ley 7/94 P.P.A.

Las actividades que pertenezcan al Anexo I, estarán sujetas al Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (el más importante y complejo, para actividades de alto riesgo para el medio ambiente). Las pertenecientes al Anexo II, lo estarán al Procedimiento de Informe Ambiental, donde las actividades se consideran menos amenazantes que las enumeradas en el Anexo I. Ambos procedimientos serán supervisados y aprobados por la Agencia del Medio Ambiente (A.M.A.). El Anexo III recoge las actividades menos contaminantes de todas, estando sujetas al Procedimiento de Calificación Ambiental. En este caso es el Ayuntamiento el que procede a dar la aprobación, pudiendo éste delegar en la A.M.A. en caso de no tener medios suficientes.

La planta depuradora que se está proyectando se engloba dentro del Anexo II por lo que estará sujeta al Procedimiento de Informe Ambiental.

El procedimiento administrativo en cuestión se rige por el Reglamento de Calificación Ambiental, además de ser válido el R.A.M.I.N.P. y las Ordenanzas Municipales. Este proceso se relega completamente a los Ayuntamientos, que serán los que se ocupen de otorgar las licencias y de formular la Resolución de Calificación Ambiental. En caso de dificultades en la evaluación de la actividad estos podrán acudir a la A.M.A. o a la Consejería de Medio Ambiente.

3. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1. INTRODUCCIÓN: DETERMINACIÓN DEL ÁREA AFECTADA

La cuestión que nos ocupa es la depuración de las aguas residuales procedentes de la actividad de una industria alimentaria.

La parcela elegida para la ubicación de la planta depuradora se sitúa en el polígono industrial “El Trocadero” perteneciente al municipio de Puerto Real, en una parcela de 9500 m² próxima a la ubicación de la industria citada. La selección de esta ubicación para la EDAR proyectada es la más idónea debido a:

- Proximidad de la estación depuradora al punto de vertido, Bahía de Cádiz.
- Posibilidad de realizar un tratamiento de las aguas por gravedad aprovechando la cota de la parcela, realizando una elevación previa de las aguas.
- La parcela, al estar incluida en un polígono industrial, está dotada de vía de

acceso y toma de corriente eléctrica.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La estación depuradora de aguas residuales consta de las siguientes fases de depuración:

✓ LÍNEA DE AGUAS RESIDUALES

Decantador primario

Su función es la de producir una primera sedimentación de las partículas inertes presentes en el agua residual

Tratamiento biológico (Contactores biológicos rotativos)

Se hace pasar el agua a través de unos tanques donde se encuentran instalados unos cilindros, compuestos por un material especial, que sirve de soporte para la biopelícula. Estos microorganismos, en contacto con el oxígeno del aire descomponen la materia orgánica.

Decantador secundario

También denominado clarificador, su función es la de producir la sedimentación de las partículas inertes producidas en el proceso anterior.

✓ LÍNEA DE FANGOS

Espesador de gravedad

Su función es la de espesar las partículas decantadas, con el fin de que haya mayor concentración de sustancias inertes (lodos) en el agua.

Digestor aeróbico

Su misión es la de eliminar los microorganismos, materia viva y elementos orgánicos presentes en los lodos. Es decir, sirven para eliminar la parte fermentable de los lodos.

Deshidratador de fangos

Consiste en el secado de estos lodos para su posterior transporte a vertedero, o bien, para fines agrícolas, en nuestro caso se hará mediante filtros banda.

3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras están compuestas fundamentalmente por:

Decantador primario. El diámetro interior del decantador es de 5.6 m y la altura en las paredes laterales es de 3.00 m. El espesor de las paredes es de 0.25 m, mientras que el de la solera es de 30 cm. El hormigón utilizado es H-250.

Tanque de biodiscos. El tanque tiene 6.00 m de longitud, 10.8 m de anchura y 1.50 m de profundidad. El espesor de las paredes es de 30 cm y el de la solera es de 35 cm. Se ha utilizado hormigón H-250.

Decantador secundario. El diámetro interior del decantador es de 5.3 m y la altura en las paredes laterales es de 2.95 m. El espesor de las paredes es de 0.25 m, mientras que el de la solera es de 30 cm. El hormigón utilizado es H-250.

Espesador de gravedad. El diámetro del espesador es de 4.60 m y la altura en las paredes laterales es de 3.00 m. El espesor de las paredes es de 0.25 m, mientras que el de la solera es de 30 cm. El hormigón utilizado es H-250.

Digestor aeróbico. Se trata de un depósito cuadrado de 9.00 m de lado y 2.50 m de altura, sobre el cuál discurre una pasarela. El espesor de la pared es de 0.3 m y el de la solera es 35 cm.

Bombeo de sobrenadantes. La cámara de bombeo tiene planta cuadrada de 2.00 m de lado y altura 2.80 m. El espesor de las paredes es de 0.30 m y el de la solera 0.35 m, ejecutada en hormigón H-250. El equipo está formado por dos bombas de potencia total 0.50 CV.

4. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO: INVENTARIO AMBIENTAL

4.1. CARACTERÍSTICAS DE MEDIO FÍSICO

El complejo industrial “El Trocadero” se encuentra ubicado en suelos de uso industrial pertenecientes al municipio de Puerto Real (Cádiz).

CLIMA: En esta zona de la provincia de Cádiz, la vida se ve favorecida por la disposición de las tierras y su apertura al mar, y ello brinda a Cádiz de un suave clima de tipo mediterráneo-oceánico, que tiene como media anual los 18.3 °C. El mes más frío es Enero, en el que se alcanza una media que no baja de los 7 °C, considerado como el cero biológico para numerosos cultivos. Ello explica, que aún en el periodo más desfavorable, la temperatura siga siendo agradable. El periodo más cálido es Agosto, con 25.6 °C de media, aunque las medias máximas llegan a sobrepasar los 31 °C.

PRECIPITACIONES Y HUMEDAD: La precipitación anual media es de 516 mm caídos en 91 días, con máximas en Diciembre, cuando se llegan a alcanzar los 83 mm de lluvia. Dada las altas temperaturas y la elevada cantidad de horas de sol, 2.985 anuales, la evapotranspiración potencial alcanza la estimable cifra de cerca de 1.000 mm, lo que confiere al clima gaditano una pronunciada sequedad veraniega, paliada por las brisas del mar, con un viento dominante del sur-oeste, que proporciona un alto contenido de humedad atmosférica, con valores medios del 65 por 100 y máximos en Diciembre, donde se alcanza el 75 por 100.

VEGETACIÓN: La zona donde se va a instalar el tratamiento biológico se caracteriza por la existencia escasa de vegetación no agrícola, existiendo, en todo caso, arbustos tales como coscosas, romero, lentiscos y otros matorrales que acompañan a los árboles de gran tamaño, principalmente, eucaliptos.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE MEDIO SOCIO-ECONÓMICO

La población residente en esta comarca en la que se instala la planta depuradora, se dedica esencialmente al comercio (principalmente reparación de vehículos de motor), actividades inmobiliarias y de alquiler, construcción y hostelería.

5. ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LA ACTIVIDAD

5.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS ACCIONES CON POSIBLE INTERACCIÓN SOBRE EL ENTORNO

Para identificar las posibles acciones del proyecto sobre el entorno hemos clasificado éstas como las que se producen en la siguientes tres fases:

- Fase de construcción.
- Fase de explotación.
- Fase de abandono.

Estas fases estarán compuestas por acciones que probablemente actuarán con el entorno. A continuación identificaremos las acciones de cada fase:

✓ Fase de construcción:

- Desbroce:
 - Emisión de gases procedentes de la maquinaria.
 - Emisión de polvo.
 - Limpieza de la zona.
- Movimientos de tierra.
- Edificios industriales.

- ✓ Fase de explotación:
- Vertido del líquido.
- Olores.
- Infraestructura.
- Datos socioeconómicos.

- ✓ Fase de abandono:
- Desmantelamiento.
- Acondicionamiento.

5.2. IDENTIFICACIÓN DE LA INCIDENCIA AMBIENTAL DE LA ACTUACIÓN

Para la mejor identificación de la incidencia ambiental de la actuación vamos a considerar la incidencia que tiene el proyecto en los diferentes aspectos que pudiesen repercutir en modo alguno en el bienestar social de la comarca.

En el artículo 15 del Decreto 153/1996 (Anexo V) se expone la descripción mínima exigible, pero debido a que se desea realizar un estudio más profundo de la actividad, se va a usar como lista de chequeo un compendio entre la matriz causa-efecto propuesta en el método de Leopold y la lista de chequeo propuesta por Gómez Orea.

Aún siendo el método de Leopold un procedimiento de tipo semicuantitativo, el presente informe se va a basar en él en cuanto a la estructura, pero no en cuanto al tipo de análisis, ya que el que se va a realizar en este informe es de tipo cualitativo. A la hora de cualificar las acciones se les denominan según lo expuesto en el Real Decreto Legislativo 1302/86 (Anexo IV), en el que se definen las siguientes categorías:

- *Impacto Ambiental Compatible (c)*: aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.

- *Impacto Ambiental Moderado (m)*: aquel cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.

- *Impacto Ambiental Severo (s)*: aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aún con esas medidas, aquella recuperación precisa un periodo de tiempo dilatado.

- *Impacto Ambiental Crítico (c)*: aquel cuya magnitud es superior a un umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

Una vez visto que la matriz causa-efecto a completar va a ser un compendio de la de Leopold y la lista de chequeo de Gómez Orea, se pasan a describir las causas y los efectos que la componen en el esquema de la página siguiente.

Llegado este punto se pasa a definir, qué se entiende por efecto positivo y por efecto negativo según el real Decreto 1302/86:

- *Efecto positivo*: aquel admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costes y beneficios genéricos y de las externalidades de la actuación contemplada.

- *Efecto negativo*: aquel que se traduce como pérdida de valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica, o en aumento de los perjuicios derivados de la contaminación, de la erosión o colmatación y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológico-geográfica, el carácter y la personalidad de una localidad determinada.

Los efectos considerados serán los efectos positivos y los negativos, calificándose, tanto unos como otros, valorándose según los niveles vistos anteriormente, pero teniendo en cuenta que se considerará como efecto positivo compatible, el que produzca mayor beneficio para el medio ambiente, y el severo, como el que produzca menor beneficio para el medio ambiente.

A continuación vamos a ver la clasificación de las causas y de los efectos, y junto a ellas, los códigos que se van a poner en la matriz de impacto.

CAUSAS:

CONSTRUCCIÓN (C)

- Movimiento de tierras (M.T.)
- Construcción de edificios y plantas de tratamiento (Cep)
- Drenajes (D)
- Urbanización (U)

EXPLOTACIÓN (E)

- Trat. Previos (T.P.)
- Trat. Primarios (T.1.)
- Trat. Secundarios (T.2.)
- Trat. de Fangos (T.F.)

ABANDONO (A)

- Movimiento de tierras (M.T.)
- Derribo de edificios (D.E.)
- Restauración (R)

EFFECTOS (FACTORES AMBIENTALES):

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

- Tierra (T)
 - suelo (s)
- Agua (Ag)
 - marina (m)
 - calidad (c)
 - temperatura (t)
- Atmósfera (At)
 - calidad (c)
 - ruidos y vibraciones (rv)
 - olores (o)

FACTORES CULTURALES

- Estéticos y de interés (Eih)
 - paisaje (p)
- Nivel socioeconómico (NSe)
 - salud y seguridad(ss)
 - empleo(e)
 - imagen (i)
- Servicios e infraestructura (SI)
 - eliminación de residuos sólidos (ers)

En primer lugar se va a identificar cada causa con su efecto en la primera matriz (Tabla I), y a continuación, en la segunda matriz, se valorará cualitativamente la relación anterior (Tabla II).

Tabla I. Identificación de los impactos de la actuación

| | | C | | | | E | | | | A | | |
|-----|-----|------|-----|---|---|------|------|------|------|------|------|---|
| | | M.T. | Cep | D | U | T.P. | T.1. | T.2. | T.F. | M.T. | D.E. | R |
| T | s | X | | | | | | | | X | | |
| Ag | m | | | | | X | X | X | | | | |
| | c | | | | | X | X | X | | | | |
| | t | | | | | | | X | | | | |
| At | C | X | | | | | | X | | X | | |
| | rv | X | X | | | | | X | X | X | X | |
| | o | | | | | | | | X | | | |
| Eih | p | X | X | X | X | | | | | X | X | X |
| NSe | ss | | | | | X | X | X | X | | | |
| | e | | | | | X | X | X | X | | | |
| | i | | | | | X | X | X | X | | | |
| SI | ers | | | | | X | | | X | | | |

Tabla II. Valoración de los impactos producidos por la actuación

| | | C | | | | E | | | | A | | |
|-----|-----|------|-----|---|---|------|------|------|------|------|------|---|
| | | M.T. | Cep | D | U | T.P. | T.1. | T.2. | T.F. | M.T. | D.E. | R |
| T | s | c | | | | | | | | C | | |
| Ag | m | | | | | m | m | m | | | | |
| | c | | | | | c | c | c | | | | |
| | t | | | | | | | c | | | | |
| At | c | c | | | | | | m | | C | | |
| | rv | c | c | | | | | c | c | C | c | |
| | o | | | | | | | | c | | | |
| Eih | p | c | c | c | c | | | | | C | c | c |
| NSe | ss | | | | | c | c | c | c | | | |
| | e | | | | | c | c | c | c | | | |
| | i | | | | | c | c | c | c | | | |
| SI | Ers | | | | | c | | | c | | | |

Una vez que se han identificado los impactos producidos por la actuación, tanto en su etapa de construcción, como en la de explotación y abandono, se pasa a cuantificar los impactos ya identificados en la Tabla II.

5.3. DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS Y MEDIDAS CORRECTORAS PROPUESTAS

En este punto se va a tratar de detallar brevemente las características de los impactos identificados y valorados en el punto anterior.

Tabla III. Alteraciones sobre la tierra y medidas correctoras

| IMPACTOS SOBRE LA TIERRA | ACCIONES CORRECTORAS O DE RECUPERACIÓN |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Alteración temporal producida por las excavaciones en el terreno en las etapas de construcción y de abandono. | <ul style="list-style-type: none"> - Relleno de zanjas - Restauración topográfica. - Conservación de la capa vegetal durante los movimientos de tierras, para su posterior utilización en la recuperación de las áreas afectadas. - Evitar el movimiento de maquinaria en zonas donde existan suelos productivos, así como la ubicación de vertederos en los mismos. - Retirada de todos los restos de hierros, maquinaria u otros materiales de obra, una vez finalizadas las mismas, con el objeto de evitar la aparición de un posible foco de vertido de escombros u otros materiales. - Plantación de una serie de arbustos y árboles típicos (chopos), de gran porte, con el fin de evitar en lo posible el impacto visual, sirviendo éstos de barrera vegetal, así como dentro de la planta también se ha previsto unas zonas ajardinadas alrededor de los equipos y edificios. El presupuesto de estas plantaciones se encuentra recogido en el Capítulo del Presupuesto relativo a “Urbanización”. |

Tabla IV. Alteraciones sobre el agua y medidas correctoras

| IMPACTOS SOBRE EL AGUA | ACCIONES CORRECTORAS O DE RECUPERACIÓN |
|---|---|
| <p>- Alteración temporal del agua marina: existe dicho impacto ya que se está vertiendo en ella agua residual industrial con carga contaminante.</p> <p>- Alteración temporal sobre la calidad del agua: se produce un efecto positivo, puesto que eso pretende el presente proyecto.</p> <p>- Alteración temporal sobre la temperatura del agua: se produce un efecto positivo, ya que el dispositivo propuesto en el presente proyecto hace que esta disminuya considerablemente.</p> | <p>- La acción de recuperación, o lo que es lo mismo, la disminución de ésta en los límites posibles es el objetivo del proyecto.</p> |

Tabla V. Alteraciones en la atmósfera y medidas correctoras

| IMPACTOS SOBRE LA ATMÓSFERA | ACCIONES CORRECTORAS O DE RECUPERACIÓN |
|---|---|
| <p>- Contaminación, fundamentalmente, por partículas sólidas, polvo y gases, derivada de las operaciones de movimiento de tierras y desescombros.</p> <p>- Contaminación temporal por gases de tipo monóxido de carbono emanados de la cuba de aireación y por gases de tipo sulfhídrico que producen olores.</p> | <p>- Riego y si hiciese falta estabilización química de las pistas.</p> <p>- Retirada de las pistas del polvo acumulado.</p> <p>- Se ha realizado un estudio de la rosa de los vientos para que esta afección sea mínima.</p> |

Tabla VI. Alteración de tipo estético y medidas correctoras

| IMPACTOS SOBRE PAISAJE | ACCIONES CORRECTORAS O DE RECUPERACIÓN |
|--|---|
| <p>- Esta alteración es temporal pero existe en las tres fases del proyecto.</p> | <p>- En las fases de construcción y abandono se corregirá reduciendo lo máximo posible el tiempo de ejecución de las obras.</p> <p>- En la fase de explotación se reducirá interponiendo entre el posible receptor y la planta una barrera de tipo vegetal.</p> |

Tabla VII. Alteraciones socioeconómicas y medidas correctoras

| IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS | ACCIONES CORRECTORAS O DE RECUPERACIÓN |
|---|---|
| <p>- Sobre la salud y seguridad tiene un efecto negativo aunque temporal.</p> <p>- Sobre el empleo tiene un aspecto positivo, tanto en las fases de explotación y abandono, donde se genera empleo de tipo temporal, como en la fase de explotación, donde se genera empleo de tipo estable.</p> <p>- Sobre la imagen de la empresa hacia el exterior tiene un efecto positivo, tanto en localidades del entorno, como la que da hacia los futuros compradores. Esta mejora de imagen es producida por la inyección de dinero que supone este proyecto a fin de disminuir en lo posible la contaminación líquida.</p> | <p>- La medida correctora es el proyecto en sí.</p> |

Una vez terminado este punto se llega a la conclusión que el proyecto de instalación de un tratamiento biológico en la industria alimentaria situada en la provincia de Cádiz tiene un efecto positivo, calificándose de forma global y en el caso más desfavorable como Impacto Ambiental moderado, aplicándose las medidas correctoras propuestas y realizándose el plan de seguimiento y control propuesto en este documento.

La consejería de Medio Ambiente exige que el ejemplar del estudio de impacto ambiental tenga los mismos documentos que un proyecto, pudiendo utilizarse para tal efecto, y en el presente caso, los documentos del presente proyecto como documentos del impacto ambiental.

6. NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL

La legislación Andaluza relativa al Medio Ambiente es la siguiente:

- Ley 7/1994, de 18 de Mayo, de Protección Ambiental. BOJA de 31 de Mayo de 1994.
- Decreto 283/1995, de 25 de Noviembre por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de la Comunidad Autónoma de Andalucía. BOJA de 19 de Diciembre de 1995
- Decreto 292/1995, de 12 de Diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental de la Comunidad de Andalucía. BOJA de 28 de Diciembre de 1995.
- Decreto 297/1995, de 19 de Diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Calificación Ambiental. BOJA de 11 de Enero de 1996.
- Decreto 14/1996, de 16 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de Calidad de Aguas Litorales. BOJA de 8 de Febrero de 1996.
- Decreto 74/1996, de 20 de Febrero, por el que se aprueba el reglamento de la Calidad del Aire. BOJA de 7 de Marzo de 1996.
- Decreto 153/1996, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Informe Ambiental. BOJA de 18 de Junio de 1996.

7. PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

El propósito que sigue el establecimiento de un Plan de Seguimiento y Control es el de comprobar que se cumplen las medidas preventivas y correctoras aprobadas, así como el de elegir indicadores capaces de avisar de posibles riesgos ambientales durante el ejercicio de la actividad.

A su vez este plan permite evaluar impactos difíciles de predecir y articular nuevas medidas correctoras en el caso de que las ya aplicadas resulten insuficientes.

En este caso el Plan de Seguimiento consiste en:

- Verificar el cumplimiento de las condiciones técnicas descritas en el proyecto.
- Verificación de la observación de las condiciones ambientales recogidas en el presente texto.
- Realización de labores de vigilancia y mantenimiento de los elementos vegetales del entorno, de los sistemas de evacuación, acceso, riego, gestión de los residuos sólidos y líquidos e infraestructuras de abastecimiento.
- Plan de desinfección, desinsectación y desratización, llevado a cabo por una empresa autorizada y mediante procesos no-lesivos para el medioambiente.

La periodicidad de estos controles será:

- La indicada en el manual de mantenimiento para la maquinaria y aspectos técnicos.
- Mensual para la comprobación de firmes, taludes, cerramientos y señalizaciones.
- Diaria para la limpieza de la instalación, camino de acceso y alrededores.
- Quincenal para la desinfección y desratización.
- El mantenimiento de la vegetación se realizará según necesidades y ciclos vitales durante el periodo de vida de la instalación.

ANEXO 5: EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

1. OPERACIONES DE SEGUIMIENTO EN PLANTA

Se entiende por operaciones de SEGUIMIENTO EN PLANTA la vigilancia y las inspecciones necesarias para que, conjuntamente con los resultados analíticos de proceso, se puedan ajustar las diferentes fases del tratamiento, consiguiendo el funcionamiento óptimo de las instalaciones y, en definitiva el mejor rendimiento. Las principales operaciones de seguimiento, que se considera necesario realizar son:

DECANTACIÓN PRIMARIA

- Periodicidad: En cada turno

Funciones a realizar:

- Inspección electro-mecánica
- Observar la existencia de flotantes
- Detectar la presencia de olores
- Observar la presencia de burbujas
- Inspección de la limpieza de canaleta de recogida de agua
- Inspección del funcionamiento de los sistemas de arrastre de fangos y flotantes
- Observar el escape de fangos por vertedero
- Comprobar la acción eficaz de la chapa deflectora
- Comprobar el funcionamiento correcto del vertedero
- Cumplimentar el parte de explotación

DECANTACIÓN SECUNDARIA

- Igual que en lo indicado en la decantación primaria, incorporándose además:

- Detectar la presencia de fangos en flotación
- Detectar la recogida adecuada de los flotantes
- Comprobar el funcionamiento correcto de chapas deflectoras y vertedero

BOMBEO DE LODOS

- Hora de realización: En cada turno.

Funciones a realizar.

- Inspección electro-mecánica
- Cuidado de la limpieza y aspecto exterior
- Observar la existencia de pérdidas
- Existencia de olores
- Vibraciones
- Complimentar el parte de explotación

ESPESADOR

- Hora de realización: En cada turno.

Funciones a realizar.

- Inspección electro-mecánica
- Observar presencia de olores
- Observar estratificación de los lodos
- Observar buen funcionamiento de chapa deflectora y vertedero
- Limpieza de la canaleta de sobrenadantes
- Cuidado de la limpieza y aspecto exterior
- Observar correcto movimiento de las barredoras
- Complimentar el parte de explotación

DIGESTORES

- Hora de realización: En cada turno.

Funciones a realizar.

- Inspección electro-mecánica
- Comprobación de la presión del gas
- Observar presencia de lodos
- Observar sobrenadantes

- Cuidado de la limpieza y aspecto exterior
- Comprobación del funcionamiento de los agitadores
- Comprobación del sistema de calefacción
- Cumplimentar el parte de explotación

DESHIDRATACIÓN

- Periodicidad: A lo largo de toda la duración del turno.

Funciones a realizar.

- Supervisión del funcionamiento electro-mecánico
- Preparación de reactivos
- Dosificación de reactivos
- Limpieza y aspecto exterior
- Colaborar en las funciones de carga
- Limpieza de los equipos al finalizar las operaciones diarias
- Maniobra de válvulas
- Toma de muestras
- Avisar la retirada del fango deshidratado
- Nivel de engrase
- Cumplimentar el parte de explotación

OTROS ELEMENTOS A VIGILAR

- Los locales deben limpiarse una vez por semana
- Los elementos metálicos deben lijarse al aparecer óxido, adicionar elemento de protección y pintura
- Las instalaciones eléctricas deben ser revisadas por verdaderos electricistas
- Toda la instrumentación y equipamiento debe mantenerse en buen estado
- Los edificios deben pintarse cada tres años, con retoques necesarios anualmente, o siempre que se precise

2. CONTROL DEL MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN

Para el adecuado desarrollo de todas las actividades de mantenimiento y explotación, es imprescindible llevar un control de las mismas, de forma que diariamente vayan quedando reflejadas todas las operaciones realizadas. La forma más adecuada de llevar a cabo este tipo de control es mediante la cumplimentación diaria de los partes de control.

Dichos partes de control tienen las siguientes misiones:

- Autocontrol, por parte del operador, de la realización de las diferentes operaciones encargadas
- Fiscalización, por parte de la superioridad, del exacto cumplimiento del programa establecido

CONTROL DE MANTENIMIENTO

El punto de partida para la realización de los partes de control de mantenimiento son las siguientes fichas:

- Ficha histórica de la máquina
- Ficha de mantenimiento preventivo para cada máquina y cuadro de programación de dicho mantenimiento
- Ficha de resolución de averías para cada máquina

Con estas fichas se elaborará por parte del responsable de planta unos partes de trabajo u hojas de control del mantenimiento, que serán las que el equipo de mantenimiento deberá cumplimentar en su visita a la instalación.

Fundamentalmente en estos partes de control se incluirán las operaciones a realizar conforme a la programación anual de mantenimiento preventivo. Es importante adjuntar a la orden de trabajo toda la documentación necesaria acerca del equipo (tipo de grasa o aceite, despieces, necesidad de utilizar alguna herramienta específica, etc) para la correcta realización del trabajo.

El equipo de mantenimiento, además de cumplimentar estas partes de mantenimiento preventivo, deberá realizar en cada una de sus visitas a planta, una inspección general de cara a detectar posibles averías y en su caso cumplimentar los correspondientes partes.

Se puede adjuntar además:

- Parte de trabajo de jardinería
- Parte de trabajo de obra civil y pintura

CONTROL DE LA EXPLOTACIÓN

Con base en las fichas de proceso y las de vigilancia de planta, se comprueban los aspectos funcionales y de rendimientos de la instalación.

Todos estos datos sirven para establecer los resultados obtenidos, y para decidir las modificaciones a establecer en su caso para la explotación más correcta.

Las fichas a establecer pueden ser muy diferentes, en relación con tamaño, sistema de la planta, y de los objetivos perseguidos por el encargado del mantenimiento y explotación de la instalación.

3. PLAN DE EXPLOTACIÓN

3.1. ORGANIZACIÓN DE PERSONAL

El personal de una explotación de este tipo se divide generalmente en:

- Dirección y control
- Explotación
- Mantenimiento y conservación

3.1.1. Dirección y control:

Se engloba como personal de Dirección y Control, a la jefatura de la planta, al personal administrativo y al personal de laboratorio.

En las grandes explotaciones, existen estas tres grandes categorías y a medida que el tamaño de la instalación es menor, tiende a agruparse por reducción de las tareas a ejecutar, pudiendo, como caso extremo, reducirse a una sola persona.

a) Jefe de planta:

La jefatura de planta, tiene como obligaciones:

- Asegurar el funcionamiento normal de las instalaciones de forma ininterrumpida mediante la distribución racional de los recursos técnicos humanos disponibles.
- Establecer las bases operativas de los servicios de laboratorio, explotación y mantenimiento.
- Definir los parámetros del proceso, elaborando una guía de actuaciones para corregir las desviaciones más comunes.
- Establecer los límites operacionales en caso de situaciones especiales.
- Adoptar las medidas correctoras en el proceso, en aquellas situaciones especiales que lo requieran.
- Elaborar el plan de control analítico básico necesario para el control de la explotación.
- Supervisar los partes de explotación diarios, semanales y mensuales.
- Definir las directrices del mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo (M.I.O.).
- Establecer el equilibrio entre mantenimiento propio y mantenimiento externo.
- Elaborar las bases operativas sobre las que se regirá el M.I.O.
- Gestionar los recursos humanos disponibles, elaborando una política de participación y motivación acorde con las características de este tipo de instalaciones.
- Elaborar y hacer cumplir la normativa de seguridad y salud por aquellos trabajadores especiales y puntuales.
- Supervisar las labores de seguridad e higiene en general.
- Supervisar y controlar las adquisiciones de materiales o servicios exteriores, buscando su optimización.
- Emitir todo informe relativo a cualquier materia referente a la instalación.

- Supervisar los programas de formación del personal de la instalación.

En el este caso, este puesto lo desempeñará la misma persona que ocupa dicho cargo en la actual planta.

b) Administración:

Son tareas administrativas:

- Conformar vales y facturas
- Llevar la contabilidad de los gastos e ingresos registrados
- Redactar informes, cartas,...
- Atender llamadas telefónicas, etc...

En el caso que nos ocupa, estas tareas serán asumidas por el jefe de planta.

c) Laboratorio:

Son tareas del laboratorio:

- Efectuar los análisis de acuerdo a la normativa vigente y a los métodos estándar
- Comunicar a la jefatura de planta cualquier incidencia o situación anormal que se produzca fuera de los límites establecidos
- Desarrollar la campaña analítica adecuada para poder efectuar un seguimiento adecuado a situaciones puntuales y especiales
- Gestionar los stocks de reactivos
- Elaborar los informes diarios, semanales y mensuales
- Gestionar la base de datos de parámetros obtenidos

Dicha labor es realizada por el jefe de planta, teniendo a su cargo varios analistas

3.1.2. Explotación:

La estructura del servicio de explotación más compleja está formada por cuatro niveles: jefe de explotación, encargado, operador y auxiliar operador.

La estructura de explotación se desarrollará en razón de la complejidad del proceso y de las actividades a ejecutar.

a) Jefatura de explotación:

El jefe de explotación tiene como actividades:

- Elaborar el calendario anual del personal operador
- Asegurar las bases operativas de la explotación, elaboradas por la jefatura de la planta
- Controlar los parámetros del proceso depurativo, elaborando una guía de actuaciones para corregir las desviaciones más comunes
- Establecer los límites operacionales del personal a su cargo en casos especiales
- Adoptar las medidas correctoras en el proceso depurativo en casos excepcionales, dentro de las atribuciones delegadas por el jefe de planta
- Definir las necesidades analíticas básicas para el control del proceso
- Controlar las partes de explotación diarios
- Gestionar los stocks de reactivos
- Controlar la retirada de subproductos, asegurándose de que la misma, no altere el proceso depurador
- Optimizar los equipos e instalaciones
- Elaborar todos los informes diarios, semanales y mensuales necesarios para el conocimiento de la jefatura de planta
- Elaborar los programas de formación del personal a su cargo

b) Encargado de explotación:

Como ayudante del jefe de explotación, sus actividades serán:

- Atender los cambios por bajas del calendario laboral asegurando, en todo momento, los servicios mínimos necesarios
- Registrar las características de los parámetros que definen el proceso de las líneas de agua y de fangos para su funcionamiento
- Recoger y controlar los partes de explotación diarios
- Ayudar a controlar la retirada de los subproductos

En este caso, esta labor la desempeñará el mismo Jefe de planta.

c) Operador:

Tendrá como actividades:

- Retirar, manipular y disponer de los subproductos en perfectas condiciones higiénicas, evitando olores y contaminación
- Realizar tareas de medición de parámetros para controlar el proceso.
- Modificar el proceso depurador dentro de los límites establecidos para adecuarlo a las necesidades reales
- Efectuar rondas periódicas por los equipos e instalaciones para detectar averías en germen y mantener limpias las mismas
- Realizar los partes de control y averías
- Mantener en perfecto estado de limpieza las instalaciones y equipos, velando por la seguridad de los mismos frente a terceros
- Conservar y mantener en buen estado y correcto funcionamiento los diferentes equipos e instalaciones para asegurar unos rendimientos óptimos
- Recoger muestras de agua y fango de acuerdo a las normas establecidas para su posterior análisis

El operador tendrá categoría de Encargado de explotación con ayuda de dos auxiliares.

d) Auxiliar:

El auxiliar operador tendrá como actividades:

- Retirar, manipular y disponer de los subproductos en perfectas condiciones higiénicas, evitando olores y contaminación
- Realizar las modificaciones al proceso depurador siguiendo las indicaciones del operador encargado
- Efectuar rondas periódicas por las instalaciones y equipos para detectar averías en germen, manteniendo limpias las instalaciones e informando al operador encargado de las posibles incidencias
- Mantener, en perfecto estado de limpieza, las instalaciones y equipos, velando por la seguridad de las mismas frente a terceros
- Ayudar en la conservación y el mantenimiento en buen estado y correcto funcionamiento a los diferentes equipos e instalaciones para asegurar unos rendimientos óptimos
- Realizar tareas de limpieza, mangueros, barridos,... de las instalaciones

- Recoger muestras de agua y fango de acuerdo a las normas establecidas para un posterior análisis

En el caso que nos ocupa habrá dos auxiliares por turno con categoría de operadores.

3.1.3. Mantenimiento y conservación:

Este punto está desarrollado en la sección 5.3. del presente documento.

3.2. PERSONAL DE LA PLANTA

Para el correcto funcionamiento de la planta se requieren:

- Jefe de planta
- Supervisor de mantenimiento
- Tres operadores
- Dos técnicos de laboratorio
- Dos oficiales de mantenimiento

Turnos y horarios:

Habrán tres turnos (exclusivos para operadores), durante los siete días de la semana:

1. Mañana: de 06:00 a 14:00 horas
2. Tarde: de 14:00 a 22:00 horas
3. Noche: de 22:00 a 06:00 horas

Los técnicos de laboratorio y los oficiales de mantenimiento tienen un horario de trabajo comprendido entre las 08:00 y las 16:00 horas.

El Jefe de planta y el Supervisor de mantenimiento tienen un horario de trabajo comprendido entre las 08:00 y las 16:30, debiendo estar disponibles para un eventual problema de gran envergadura.

4. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE LA PLANTA

4.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del control puede ir encaminado a:

- Suprimir la influencia de agentes externos
- Asegurar la estabilidad del proceso químico, en nuestro caso biológico
- Optimizar los rendimientos del proceso
- Alguna combinación de los anteriores

La instrumentación de la planta empleada obtendrá la medida, transmisión a distancia, el registro, control, la totalización, etc... de aquellas variables seleccionadas como manipulables que nos permitirán conducir al sistema en la dirección de cumplir los objetivos antes mencionados.

El seguimiento, control y el proceso de la planta estará centralizado y gobernado por un PLC (autómata programable) que recogerán el estado de las señales procedentes de los equipos e instrumentos de la planta, y las procesarán de acuerdo con lo establecido en el programa de usuario y generará todas las salidas del proceso y la señalización y registro de los datos que se consideren necesarios para el buen funcionamiento y explotación de la planta. Además presenta las siguientes ventajas:

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos
- Mínimo espacio de ocupación
- Menor costo de mano de obra en la instalación
- Economía de mantenimiento. Aumenta la confiabilidad del sistema, puesto que elimina los contactos móviles (relevadores). El mismo autómata puede detectar desperfectos
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo PLC
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso

4.2. MEDIDORES EN PLANTA

Desde el punto de vista de la instrumentación para la instalación propuesta, se pueden distinguir dos tipos de parámetros a medir:

- Parámetros medibles en continuo: Son aquellos para los cuales la tecnología se ha desarrollado lo suficiente como para que existan instrumentos que los miden de una forma automática en tiempo real.
- Parámetros a determinar mediante análisis químico: Son aquellos que tienen que ser determinados mediante análisis de laboratorio, y por tanto, tienen que transcurrir un cierto tiempo entre la toma de muestra y el dato analítico.

Las variables a medir en continuo dentro del tratamiento secundario proyectado son:

- Caudal
- pH

5. MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

5.1. OBJETIVOS DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

Los objetivos que se persiguen con las actividades de mantenimiento y conservación, son básicamente los siguientes:

- Limitar el envejecimiento del material debido a su funcionamiento
- Mejorar el estado del material para su eficaz funcionamiento
- Intervenir antes de que el coste de la reparación sea demasiado elevado
- Eliminar o limitar los riesgos de averías en el material imprescindible para el proceso
- Asegurar el buen estado de los servicios generales de agua, electricidad, calefacción, etc...
- Permitir la ejecución de las reparaciones en las mejores condiciones
- Evitar los consumos exagerados
- Suprimir las causas de accidentes
- Minimizar los costos, mientras la instalación permanezca en activo

5.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

Las bases de partida con que se debe contar en este tipo de instalaciones, para efectuar los oportunos programas de control y seguimiento de los equipos electro-mecánicos, son básicamente:

- Personal técnico cualificado
- Libro, fichas o manual de operación y mantenimiento de la instalación (redactado por el constructor, o en su defecto, deberá ser realizado por la empresa explotadora).

5.3. ESTRUCTURA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

En base a la complejidad de los equipos, al nivel de mantenimiento definido para el mantenimiento interno o de la dependencia del exterior que se quiera tener, se podrán definir cuantas estructuras se puedan imaginar.

Generalmente, y dejando al lado las figuras del Jefe de Mantenimiento y del encargado, el mantenimiento se estructura en: obra civil, mecánico, instrumentación y servicios exteriores y varios. Mientras que los tres primeros no necesitan aclaración alguna, pues sus cometidos están perfectamente definidos, sí conviene detenerse en el concepto de servicios exteriores y en el caso de varios.

En servicios exteriores están englobadas todas aquellas actuaciones del mantenimiento auxiliar (grúas, alquiler de bombas, compresores, andamios,...), que por sus características se utilizan en tales proporciones que no compensan la adquisición de los equipos, y todas las actuaciones del mantenimiento preventivo, correctivo, modificativo y del energético y ambiental que se consideren (por optimización económica o por especialización singular), deban realizarlas los servicios externos.

En el servicio de varios se incluye todo el personal necesario para la conservación de edificios, viales, tomas, jardinería, etc... Dicho personal serán albañiles, limpiadores, jardineros, almaceneros y conductores.

Por norma general, los niveles de mantenimiento son: Jefe de Mantenimiento, Encargado de Mantenimiento, Oficiales y Auxiliares.

a) Jefatura de Mantenimiento:

Tiene como actividades:

- Elaboración y mantenimiento del fichero de equipos donde conste expresamente: nombre del equipo, fabricante, distribuidor, número de serie, características técnicas, instrucciones de montaje, instrucciones de mantenimiento y repuestos recomendados.
- Elaboración del plan de actividades anuales, en base a las necesidades demandadas por los fabricantes y la explotación, con distribución de las mismas para el mantenimiento interno y el externo.
- Elaboración y mantenimiento del fichero de equipos donde conste expresamente: nombre del equipo, número de serie, fecha de la actividad, definición de la actividad, material fungible utilizado y tiempo empleado (hora/hombre).
- Elaboración del plan de engrases, en base a las necesidades demandadas por los fabricantes y la explotación.
- Elaboración y mantenimiento de fichero de engrases de los equipos donde conste expresamente: nombre del equipo, número de serie, engrases efectuados, tipos de aceites usados y tiempo utilizado (hora/hombre).
- Control y supervisión de los servicios externos contratados para efectuar mantenimientos preventivos especiales como: alta tensión, ordenadores, etc...
- Efectuar un estudio estadístico de las averías, con evaluación de los costes, tanto directos como indirectos.
- Incorporar al fichero de equipos las operaciones del mantenimiento correctivo efectuadas, donde conste expresamente: nombre del equipo, número de serie, fecha de la avería, fecha de la reparación, repuestos usados, costes directos, costes indirectos, y tiempo utilizado (hora/hombre).
- Evaluar, ponderar y controlar las labores del mantenimiento modificativo que tiendan a reducir los servicios, incrementando la disponibilidad de las instalaciones.

- Evaluar, ponderar y controlar las labores de mantenimiento energético y ambiental que tienden a reducir los costes de energía globales o a reducir la contaminación sobre el entorno.
- Controlar y supervisar la adquisición de repuestos, evitando la rotura de stocks.
- Controlar y supervisar las operaciones de conservación de edificios, jardinería, viales, etc...
- Controlar y supervisar el servicio de transporte de la estación para la adquisición de material fungible de primera necesidad no stockable.
- Controlar y supervisar los servicios externos contratados para efectuar mantenimiento correctivo como modificativo energético y ambiental.
- Controlar y supervisar que todas las operaciones se hagan con la seguridad adecuada.

b) Oficiales:

Son los encargados por su formación, de ejecutar manualmente las operaciones de mantenimiento y conservación, en la especialidad propia: mecánica, eléctrica, instrumentista, albañilería, etc...

Sus tareas vendrán definidas por la especialidad propia, siendo garantía de la calidad de los trabajos realizados la profesionalidad propia y los controles que a tales efectos establecieran los responsables del servicio.

5.4. OPERACIONES DE MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

Las principales operaciones de mantenimiento y conservación, que se estima necesario realizar sobre algunos de los equipos empleados en la instalación son:

- Operaciones de mantenimiento.

1. Decantadores:

- Revisión de ruedas y ejes
- Nivel aceite reductores
- Pistas de rodadura

- Tensado de cadenas
- Engrase de corona central
- Engrase rodamientos
- Cambio aceite reductores
- Comprobar intensidades, potencias y tensiones
- Tarar térmicos

2. Biodiscos:

- Comprobar vibraciones motores
- Limpieza exterior
- Verificar sumergencia
- Engrase rodamientos
- Cambio aceite reductores
- Comprobar velocidad de giro
- Comprobar intensidades, potencias y tensiones
- Tarar térmicos

3. Filtro banda:

- Revisión de rodillos, boquillas y canalillos
- Cambio aceite reductores
- Engrase de rodamientos
- Engrase de muelles y botellas neumáticas
- Comprobar intensidades, potencias y tensiones
- Tarar térmicos

4. Bombas:

- Control de arranque
- Comprobar vibraciones de motores
- Limpieza exterior
- Presión en conexión con el conducto de impulsión
- Temperatura de los motores
- Comprobación ajuste bomba y motor

- Comprobación estanqueidad
- Puesta en marcha periódica de los equipos de reserva
- Comprobación de niveles de aceite
- Engrase rodamientos
- Comprobación de automatismos
- Comprobar intensidades, potencias y tensiones
- Tarar térmicos

5. Cintas transportadoras:

- Limpieza de máquina
- Comprobar galeras
- Comprobar rodillos guía portantes y retorno
- Tambores de cabeza y cola
- Áreas trapezoides
- Tensado y alineación bandas
- Engrase de rodamientos
- Cambio de aceite reductor
- Alineación de poleas
- Comprobar intensidades, potencias y tensiones
- Tarar térmicos

6. Instrumentación en general:

- Limpieza de equipos
- Comprobar conexiones
- Comprobar alimentación
- Comprobar señal de entrada a terminales
- Comprobar posición puentes de entrada
- Comprobar programación

- Operaciones de conservación.

Las operaciones de conservación que más comúnmente será necesario realizar serán:

- Operaciones de pintado de los elementos férricos, excepto metales, aceros y aleaciones especiales que no lo necesiten.
- Operaciones de pintado de los elementos de la obra civil que lo precisen.
- Comprobación, accionamiento y engrase de válvulas.
- Comprobación, limpieza y engrase de las guías de las compuertas.

ANEXO 6: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. MEMORIA

1.1. OBJETO DEL ESTUDIO

El presente “Estudio de Seguridad y Salud” establece, durante la ejecución de las obras de la EDAR de una Industria alimentaria, las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, así como las instalaciones preceptivas comunes de higiene y bienestar de los trabajadores, todo ello de forma coherente con el contenido del proyecto. Asimismo, establece las medidas de prevención para los riesgos derivados durante la explotación de la misma.

Se elabora en obligado cumplimiento de lo dispuesto en el R.D. 1.627/1.997, de 24 de octubre, de “Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción” (Reglamento específico de construcción en desarrollo de la Ley 31/1.995, de Prevención de Riesgos Laborales, que deroga expresamente el antiguo R.D. 555/1.986 en el que se inspira) que, fundamentalmente, amplía a todos los proyectos de obras la obligatoriedad de la inclusión de un documento de seguridad, ya sea o no, un Estudio Básico de Seguridad, dependiendo de unas determinadas condiciones en relación al volumen y tipología de la obra que se trate, e introduce la figura del Coordinador en materia de seguridad y salud.

Asimismo, y conforme a lo preconizado por la citada Ley de Prevención de Riesgos laborales en su Art. 16, en el presente documento se recoge la ordenación de las actividades de identificación y evaluación inicial de los riesgos, así como la planificación de la actividad preventiva.

Posteriormente, será desarrollado y complementado a través del correspondiente Plan de Seguridad y Salud, e incluso podría ser objeto de modificaciones, debidamente motivadas, pero siempre con la aprobación expresa del Coordinador de Seguridad en fase de ejecución o, en su caso, de la dirección facultativa y cuando ello no suponga disminución del importe total del presupuesto económico, ni de los niveles de protección contenidos en dicho Estudio.

1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

1.2.1. Descripción de la obra:

La obra comprendida en el presente proyecto de EDAR de una Industria alimentaria consta del diseño y construcción de los siguientes elementos de la misma:

Decantador primario. El diámetro interior del decantador es de 5.6 m y la altura en las paredes laterales es de 3.00 m. El espesor de las paredes es de 0.25 m, mientras que el de la solera es de 30 cm. El hormigón utilizado es H-250.

Tanque de biodiscos. El tanque tiene 6.00 m de longitud, 10.8 m de anchura y 1.50 m de profundidad. El espesor de las paredes es de 30 cm y el de la solera es de 35 cm. Se ha utilizado hormigón H-250.

Decantador secundario. El diámetro interior del decantador es de 5.3 m y la altura en las paredes laterales es de 2.95 m. El espesor de las paredes es de 0.25 m, mientras que el de la solera es de 30 cm. El hormigón utilizado es H-250.

Espesador de gravedad. El diámetro del espesador es de 4.60 m y la altura en las paredes laterales es de 3.00 m. El espesor de las paredes es de 0.25 m, mientras que el de la solera es de 30 cm. El hormigón utilizado es H-250.

Digestor aeróbico. Se trata de un depósito cuadrado de 9.00 m de lado y 2.50 m de altura, sobre el cuál discurre una pasarela. El espesor de la pared es de 0.3 m y el de la solera es 35 cm.

Bombeo de sobrenadantes. La cámara de bombeo tiene planta cuadrada de 2.00 m de lado y altura 2.80 m. El espesor de las paredes es de 0.30 m y el de la solera 0.35 m, ejecutada en hormigón H-250. El equipo está formado por dos bombas de potencia total 0.50 CV.

1.2.2. Plazo de ejecución:

El plazo de ejecución previsto desde su iniciación hasta su terminación completa, incluyendo la puesta en marcha es de 12 meses.

1.2.3. Personal previsto:

La mano de obra estimada es de 15 - 20 trabajadores en punta de actividad.

1.2.4. Interferencias y servicios afectados:

Antes del comienzo de la obra se investigará la posible existencia de todos los servicios afectados (agua, gas, electricidad, teléfonos, alcantarillado,...), para adoptar las medidas precisas ante cualquier eventualidad.

1.2.5. Unidades constructivas:

- Movimiento de tierras para pistas de trabajo y caminos de servicio.
- Excavación y relleno de zanjas para tendido de tuberías.
- Explanaciones para depósitos y edificios (estación de tratamiento).
- Tendido y colocación de tuberías, válvulas y piezas especiales de fundición: pruebas mecánicas e hidráulicas.
- Obras de fábrica: arquetas, pozos de registro, caños, alcantarilla.
- Urbanización de la zona de edificios y estación de tratamiento (redes de abastecimiento, saneamiento, alumbrado y energía, pavimentación, jardinería y cerramiento exterior).
- Obras complementarias: Señalización y balizamiento, cerramientos, jardinería y bordillos, alumbrado de la urbanización y edificios, telefonía y radio, etc.

1.2.6. Instalaciones electromecánicas:

En la instalación eléctrica:

- Líneas de acometida en B.T.
- Cuadros y armarios eléctricos de acometida, maniobra, control y medida.

En la EDAR:

- Equipos mecánicos y eléctricos.
- Equipo de telemando y control.

1.3. EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

1.3.1. Riesgos profesionales:

A) Desbroce y movimientos de tierras.

- Caídas a distintos niveles
- Caídas al mismo nivel
- Atropellos por maquinaria y vehículos.
- Atrapamientos por piedras y árboles.
- Colisiones al mismo nivel.
- Desprendimientos y corrimientos del terreno.
- Proyecciones de piedras.
- Polvo.
- Ruido.
- Proyecciones de partículas en los ojos.
- Afecciones de la piel.
- Lumbago (operadores de máquinas)
- Interferencias con servicios afectados.

B) Ejecución excavaciones en zanjas y tendido y colocación de tuberías.

- Atrapamientos por retroexcavadora y/o camiones.
- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos y piedras.
- Atrapamiento de las manos y pies con tuberías.
- Polvo y ruido.
- Manejo de explosivos y voladuras.
- Atrapamiento por el terreno (desprendimientos)
- Golpes con herramientas.
- Proyecciones de hormigón.
- Hundimiento.

C) Ejecución de las estructuras y restantes obras de fábrica.

- Afecciones de la piel.
- Golpes contra objetos.
- Caídas a distintos niveles.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de objetos.
- Heridas punzantes en pies y manos.
- Dermatitis por cemento.
- Salpicaduras de hormigón en ojos.
- Erosiones y contusiones en manipulación.
- Atropellos por maquinaria
- Heridas por máquinas cortadoras.
- Cortes, pinchazos y golpes con máquinas, herramientas y materiales.

D) Subbases, aglomerado, reposición de caminos y accesos.

- Cortes, pinchazos con máquinas, herramientas y materiales.
- Atropellos por maquinaria y vehículos.

- Atrapamientos por máquinas y vehículos.
- Colisiones y vuelcos.
- Quemaduras por utilización de productos bituminosos.
- Afecciones de la piel.
- Proyección de partículas en los ojos.
- Caída al mismo nivel.
- Salpicaduras por utilización de productos.
- Polvo.
- Ruidos.

E) En edificios y depósitos.

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Golpes contra objetos.
- Heridas punzantes en pies y manos.
- Caídas por huecos y vanos.
- Salpicaduras de mortero, pinturas, yeso y cemento.
- Heridas por máquinas cortadoras.
- Desprendimiento de carga por parte de grúas y aparatos elevadores.
- Vértigo y pérdida del equilibrio por la altura.
- Atrapamiento por máquinas y medios mecánicos auxiliares.
- Caída y/o vuelco de grúas.

F) En instalaciones electromecánicas.

- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos y elementos metálicos.
- Golpes contra objetos.
- Cortes y heridas punzantes en pies y manos.
- Descargas eléctricas.
- Electrocutión.

- Daños a la vista en trabajos de soldadura.
- Humos metálicos en soldadura.
- Quemaduras en trabajos de soldaduras.
- Radiaciones en trabajos de soldaduras.
- Explosión de gases en trabajos de soldaduras.
- Atrapamientos por máquinas.
- Heridas por máquinas cortadoras y similares.

1.3.2. Riesgos de daños a terceros:

Estos daños se pueden producir principalmente en:

- Enlaces con carreteras y cruces.
- Acceso al pueblo.
- Alcances y colisiones que se pueden producir por el hecho de tener que regular la circulación de vehículos y personas por los tramos de carretera en que las zanjas discurren a su borde.

Este riesgo se acrecienta notablemente en las intersecciones con otras carreteras, por utilización simultánea del mismo espacio físico por dos corrientes de tráfico que se cruzan, además de por el personal y maquinaria de obra. Igualmente, en los accesos a poblaciones y travesías aumenta el riesgo de atropello a personas y de caídas de éstas a las zanjas o excavaciones en general.

Los desvíos provisionales constituyen otro punto de alto riesgo para los usuarios de la carretera, por lo que hay que tener en cuenta la señalización, conservación y vigilancia de los mismos.

Finalmente, la interrupción de servicios públicos tales como luz y agua potable, constituye un perjuicio indirecto pero no por ello menos importante.

1.3.3. Varios:

- Atropello por maquinaria y vehículos.
- Atrapamientos.

- Afecciones de la piel.
- Colisiones y vuelcos.
- Caídas de altura.
- Caída de objetos.
- Cortes, golpes y pinchazos con máquinas, herramientas y materiales.
- Afecciones a la piel.
- Electrocuciiones.
- Quemaduras.

1.4. EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LA ETAPA DE EXPLOTACIÓN

El estudio se realiza teniendo en cuenta los riesgos comunes y los riesgos específicos para el personal de la planta.

1.4.1. Riesgos comunes:

A) Riesgos derivados de la exposición a contaminantes ambientales

Se hace referencia a las condiciones ambientales que rodean al trabajador, es decir, a todas aquellas condiciones que influyen en su organismo y, por tanto, en su actividad: el aire que respira, la temperatura en la que realiza su trabajo, etc. En definitiva, se refiere a su medio ambiente, a su medio ocupacional.

Exposición a agentes biológicos: bacterias, virus, parásitos, etc:

Se entiende por agentes biológicos a los microorganismos, incluidos todos aquéllos que hayan sido modificados, los cultivos celulares y los endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad.

En las plantas depuradoras de aguas residuales existe el riesgo potencial de adquirir alguna de las siguientes enfermedades: Leptospirosis, brucelosis, tétanos, fiebre tifoidea, hepatitis virial, entre otras.

No obstante, en los biodiscos los agentes biológicos están fijados a la superficie de los mismos, con la consiguiente disminución del riesgo a su exposición.

Medidas preventivas: En el caso de procesos depurativos resulta muy difícil evitar la exposición a los agentes biológicos (su presencia es imprescindible para la depuración biológica), por tanto, se reducirá el riesgo de la misma al nivel más bajo posible, para garantizar adecuadamente la seguridad y la salud de los trabajadores afectados, a través de las siguientes medidas:

- 1) Establecimiento de procedimientos de trabajo y medidas técnicas apropiadas para evitar o minimizar la existencia de agentes biológicos en el medio de trabajo.
- 2) Reducción, al mínimo posible, del número de trabajadores que estén o puedan estar expuestos.
- 3) Adopción de medidas de protección colectiva o, en su defecto, de protección individual, cuando no sea posible evitar la exposición por otros medios (guantes impermeables para establecer contacto con el agua residual, lodos o residuos de la depuradora, ropa de trabajo adecuada, gafas protectoras, etc.).
- 4) Utilización de las medidas de higiene que eviten o dificulten la dispersión del agente biológico (lavar la ropa de trabajo en la planta, si es posible a más de 90°C. Ducharse, lavarse y desinfectarse al terminar el trabajo, antes de vestirse o antes de comer. Evitar la aparición de ratas, moscas y mosquitos. Vacunación del personal, etc.).
- 5) Instalación de una señal de peligro biológico, así como de otras señales de advertencia que fueran pertinentes.
- 6) Aplicar medidas especiales de protección para todos aquellos trabajadores que tengan riesgos adicionales.

B) Riesgos relacionados con las condiciones de seguridad

De acuerdo con el artículo 6 de la ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, serán las normas reglamentarias las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores.

Entre estas normas se encuentran las destinadas a garantizar la seguridad y salud en los lugares de trabajo de manera que, de su utilización, no se deriven riesgos para los trabajadores.

La directiva 89/654/CEE, de 30 de Noviembre, cuya transposición es el Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Condiciones constructivas:

Los lugares de trabajo, en cuanto a su diseño y características constructivas, ofrecen seguridad frente a los riesgos de: resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos, derrumbamientos o caídas de materiales sobre los trabajadores.

Así mismo, facilitan el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitan, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

➤ Vías de circulación:

Las vías de circulación de los lugares de trabajo, tanto exteriores como interiores, incluidas las puertas, pasillos, escaleras, escalas fijas, rampas, son adecuadas al número potencial de usuarios y a las características de la actividad.

Las vías de circulación destinadas a vehículos pasan a una distancia suficiente de las puertas, portones, zonas de circulación de peatones, pasillos y escaleras. El trazado de las vías está perfectamente señalizado.

La anchura de las vías por las que circulan medios de transporte y peatones permiten su paso simultáneo con una separación de seguridad suficiente.

Las vías y salidas de evacuación, el sistema de protección contra incendios y la instalación eléctrica se ajustan a lo dispuesto en su normativa específica.

- La señalización de la planta cumple con el Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril.

- La iluminación se adapta a las características de la actividad que se efectúe en el lugar de trabajo, por lo que se han tenido en cuenta los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad y las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.

C) Riesgos derivados de la organización de la carga de trabajo

La mayoría de los tratados coinciden en definir, coloquialmente, el término “carga de trabajo” como “los efectos sobre el organismo del peso que el hombre lleva sobre sus hombros, tanto en sentido real como figurado, con ocasión del trabajo que realiza” (Monod, 1976).

Es evidente que a exigencias de trabajo iguales pudieran corresponder cargas de trabajo distintas, debidas fundamentalmente a las diferencias en la capacidad de las personas, los métodos de trabajo realizados, etc, de tal forma que la carga de trabajo no puede deducirse directamente de las exigencias del trabajo, puesto que dependerá de la interacción entre el sujeto y las exigencias del medio donde se desarrolle la acción.

Por tanto, una vez puesta en funcionamiento la planta, la empresa encargada de la explotación y mantenimiento de la misma, realizará una evaluación y control de los riesgos derivados de la organización de la carga de trabajo.

Los factores de riesgo derivados de la organización del trabajo son:

- La monotonía, o falta de interés por el trabajo. Este factor es muy importante pues provoca un aumento en las enfermedades coronarias, autodepresión y una reacción menos eficaz ante situaciones de emergencia.

Medidas preventivas: Evitar descomponer el trabajo en tareas cortas y repetitivas, y promover más la alternancia en diferentes tareas.

- El trabajo por turnos. Puede desembocar en serias alteraciones del equilibrio físico, psíquico o social de la persona.

Medidas preventivas: Los horarios se diseñan adaptándose lo más posible a las exigencias del organismo y a las necesidades personales de los trabajadores.

- La autonomía. La capacidad para poder decidir sobre las medidas a adoptar sobre cualquier inconveniente que pueda aparecer.

Medidas preventivas: Los empleados de la estación depuradora deben adquirir mayor responsabilidad y mayor capacidad de toma de decisión dentro del puesto que ocupen.

- El contenido del trabajo. La posibilidad de poder aplicar los conocimientos y habilidades en el puesto de trabajo.

Medidas preventivas: El trabajo con contenido hace que el empleado se sienta útil en el conjunto del proceso en el que se desarrolla y para la sociedad en general.

- Futuro incierto. La inestabilidad en el empleo genera en la persona una pérdida de concentración en su tarea que lo hace ser menos eficaz.

Medidas preventivas: Fomentar trabajos estables y seguros. En el caso de los trabajos con contratos temporales se deberá notificar con antelación cualquier variación o ampliación del contrato a la persona interesada para que pueda prever con suficiente tiempo las medidas a adoptar para garantizar su estabilidad económica.

- Las relaciones personales. Comunicación directa con sus compañeros y superiores.

Medidas preventivas: Organizar un sistema que favorezca las relaciones interpersonales (zonas de descanso comunes, proximidad de trabajadores, etc.). El trabajador debe sentirse participe en el grupo.

1.4.2. Riesgos específicos:

A) Personal de mantenimiento

Función: mantenimiento de los equipos y de la instalación.

Ámbito de aplicación: Toda la planta.

- Riesgos eléctricos: por contacto directo e indirecto

El riesgo eléctrico se encuentra muy extendido por toda la planta: En la manipulación de las bombas de impulsión y motores de giro del decantador, en los aparatos de manutención (elevadores de bombas), cuadro eléctrico de la estación de bombeo, incluso en el instrumental de laboratorio (horno, estufa calefactora, etc.), etc.

Medidas preventivas: Es importante localizar el riesgo eléctrico para poderlo eliminar o reducir aplicando medidas preventivas relacionadas con las condiciones de seguridad. Éstas pueden ser de dos tipos: informativas y de protección.

Las medidas informativas advierten de la posibilidad de riesgos, como es el caso de señales, o mediante la exposición al personal que trabaja con electricidad de los posibles riesgos y las precauciones que se deben tomar.

Las medidas de protección hacen la distinción entre contacto directo e indirecto. Para el contacto directo, las medidas están destinadas a proteger a las personas del riesgo que implica el contacto con las partes activas de la instalación, con los equipos eléctricos (alejamiento de las partes activas, interposición de obstáculos, recubrimiento de las partes activas).

Las medidas contra contactos indirectos forman dos grandes grupos: las primeras orientadas a la supresión del riesgo, y las segundas a la utilización de dispositivos de corte automático y desviación de corriente a tierra para evitar sus efectos. Las medidas de protección son: doble aislamiento, separación de circuitos, pequeña tensión de seguridad.

En cualquier instalación eléctrica se deben cumplir “las cinco reglas de oro”:

- 1) Abrir todas las fuentes de tensión.
- 2) Enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corriente.
- 3) Reconocimiento de la ausencia de tensión.
- 4) Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.
- 5) Delimitar la zona de trabajo mediante señalización o pantallas aislantes.

- Riesgo del uso de máquinas y herramientas

Todas las máquinas utilizadas en la planta cumplen con el reglamento de seguridad en máquinas (R.D. 1495/86).

Las medidas preventivas en el uso de maquinas son: correcta ubicación, uso adecuado y respeto a las protecciones intrínsecas.

Las herramientas empleadas son de tres tipos: eléctrica (taladradora, rozadora, radial o rotaflex, etc.), mecánica (pistola clavadora, etc) y manual (martillos, mazas, alicates, tenazas, destornilladores, etc.).

Riesgos más comunes:

- Proyección de fragmentos y partículas.
- Golpes, cortes, heridas y punzamientos.
- Contactos eléctricos.
- Polvo.
- Ruido y vibraciones.

Medidas preventivas:

- Uso por personal autorizado y capacitado de las herramientas.
- Uso de la herramienta adecuada.
- Comprobar su buen estado.
- No forzar la herramienta.
- No dejarla abandonada y guardarla correctamente.
- Si es eléctrica enchufar con clavija, y no directamente con hilos.
- Reparaciones por personas capacitadas para ello.

B) Personal administrativo

Función: gestionar toda la documentación de la planta.

Ámbito de aplicación: la oficina situada en el edificio central.

El principal riesgo al que está sometido el personal administrativo es el empleo continuo del ordenador, tipificado bajo el nombre de trabajo con pantallas de visualización de datos.

Riesgos derivados del trabajo con pantallas de visualización de datos: se aplican las prescripciones contenidas en el RD 488/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud, relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.

C) Personal de laboratorio

Función: análisis de muestras de diferentes puntos de la planta.

Ámbito de aplicación: el laboratorio.

Riesgos derivados de la manipulación de sustancias químicas: se producen derrames de sustancias que provocan graves daños en la salud de las personas. Las medidas preventivas van orientadas a la enseñanza de técnicas de almacenamiento

adecuadas a cada muestra. Se emplean los equipos de protección en el laboratorio adecuados (guantes, protectores oculares, etc.).

1.5. PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES

1.5.1. Protecciones individuales:

A) Protección de la cabeza.

- Casco para todas las personas que trabajan en la obra, incluido visitantes.
- Gafas contra impactos y antipolvo.
- Gafas para oxígeno.
- Pantalla de soldadura.
- Pantalla facial transparente.
- Mascarilla antipolvos.
- Filtros para mascarillas.
- Protectores auditivos.
- Pantalla contra protección de partículas.
- Válvulas de seguridad antirretroceso en sopletes.

B) Protección del cuerpo.

- Cinturón de seguridad, cuya clase se adaptará a los riesgos específicos de cada trabajo.
- Cinturón antivibratorio.
- Monos. 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.
- Mandril de cuero de soldador.
- Chalecos reflectantes.
- Válvulas de seguridad antirretroceso en sopletes.

C) Protección extremidades superiores.

- Guantes de uso general.
- Guantes de goma finos, para albañiles y operarios que trabajen en hormigonado.
- Guantes de cuero y anticorte para manejo de materiales y objetos.
- Guantes dieléctricos para su utilización en baja tensión.
- Guantes de amianto (ignífugos).
- Equipo soldador (guantes y manguitos de soldador).
- Válvulas de seguridad antirretroceso en sopletes.

D) Protección extremidades inferiores.

- Botas de agua, de acuerdo con MT-27.
- Botas de seguridad, clase III.
- Botas de seguridad de lona.
- Botas de seguridad de cuero.
- Botas dieléctricas.
- Polainas de soldador.
- Válvulas de seguridad antirretroceso en sopletes.

1.5.2. Protecciones colectivas:

A) Señalización general.

- Carteles indicativos o letreros de riesgos generales de obra.
- Obligatorio uso de casco, cinturón de seguridad, gafas, mascarilla, protectores auditivos, botas y guantes.
- Riesgo eléctrico, caída de objetos, caída a distintos niveles, maquinaria pesada en movimiento, cargas suspendidas, incendio y explosiones.
- Entrada y salida de vehículos.
- Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra, prohibido encender fuego, prohibido fumar y prohibido aparcar.

- Señal informativa de localización de botiquín y extintor.
- Cinta de balizamiento.
- Señales de tráfico en general.
- Balizamiento luminoso.

B) 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.

C) Pantallas.

- Protección contra caída a la zanja.

D) Vaciado y excavaciones.

- Para el acceso del personal al tajo se utilizarán escaleras independientes del acceso de los vehículos.
- Cinta de balizamiento.

E) Estructuras.

- Mallazo resistente en huecos horizontales.
- Barandillas rígidas en borde de forjado y escalera.
- Plataformas voladas para retirar elementos de encofrado.
- Castilletes de hormigonado.
- Peldañado de escaleras.
- Carro portabotellas.
- Válvula antirretroceso en mangueras.
- Anclajes para cables de seguridad.
- Cables de sujeción del cinturón de seguridad.

- Tubos de sujeción de cinturón de seguridad.

F) Cerramientos.

- Andamios tubulares con plataforma de 60 cm. de ancho y barandilla.

G) Cubiertas.

- Plataforma de seguridad volada en el borde de cubiertas.
- Cables para el anclaje del cinturón de seguridad.
- Anclaje para cables de seguridad.
- Tubos de sujeción del cinturón de seguridad.

H) Instalaciones y acabados.

- Válvulas antirretroceso en mangueras de equipos de sopletes.

I) Protección contra incendios.

- Se emplearán extintores portátiles.

J) Maquinaria.

- Avisador óptico y acústico de marcha atrás en máquinas y vehículos de obra.

1.5.3. Formación:

Todo el personal debe recibir, al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberán emplear.

Eligiendo al personal más cualificado se impartirán cursillos de socorrismo y primeros auxilios, de forma que todos los turnos de trabajo dispongan de algún socorrista.

Antes del comienzo de nuevos trabajos específicos, se instruirá a las personas que intervengan en ellas sobre los riesgos con que se van a encontrar y el modo de evitarlos.

1.5.4. Medicina preventiva y primeros auxilios:

A) Botiquines.

Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad y Salud en el Trabajo, al menos en los siguientes lugares:

- Oficinas generales de obra.
- Talleres.
- Muros y edificios con una altura superior a los 4 m.

B) Asistencia a accidentados.

Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.), donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Es muy conveniente disponer en la obra y en sitio bien visible de una lista con los teléfonos y direcciones de los Centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de asistencia.

C) Reconocimiento médico.

Todo el personal que empiece a trabajar en la obra deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo que será repetido en el periodo de un año.

D) Análisis de agua.

Se analizará el agua destinada al consumo de los trabajadores para garantizar su potabilidad, si ésta no proviene de la red de abastecimiento de la población. De esta forma, se evita toda circunstancia que posibilite la contaminación y se indica en las fuentes de agua si es o no potable.

1.6. PREVENCIÓN DE DAÑOS A TERCEROS

Para evitar daños a terceros se tomarán las siguientes medidas de protección:

1. Vallas de limitación y protección, balizas luminosas y carteles de prohibido el paso en:
 - Posibles demoliciones.
 - Zonas de trabajo.
 - Zonas de maquinaria.
 - Zanjas.
 - Zonas de acopio.

2. Señalizaciones de tráfico y balizas luminosas en:
 - Calles de acceso a zonas de trabajo.
 - Calles donde se trabaja y se interfiera con la circulación.
 - Desvíos por obras.

3. Riego de las zonas de trabajo que generen polvo o que puedan interferir a terceros, disponiendo uno o varios equipos y brigadas dedicados exclusivamente a este menester si las condiciones de riesgo a terceros lo hiciesen aconsejable a juicio del Director de la obra.

4. Se señalizarán los accesos naturales a la obra, prohibiéndose el paso a toda persona ajena a la misma, colocándose en su caso los cerramientos necesarios.

Esta medida será particularmente obligatoria en los accesos a las instalaciones Generales de obra, barracones, planta de áridos y hormigón, depósitos y zanjas con tuberías en ejecución.

5. Además se presentará especial atención en aquellos puntos donde el riesgo para vehículos y personas ajenas a la obra sea mayor, tomándose las adecuadas medidas de seguridad que cada caso requiera.
6. Las zanjas se rodearán con cordones de balizamiento reflexivo, y las que supongan un riesgo para los vehículos, dispondrán balizas luminosas que indiquen la existencia de peligro. En los puntos de paso para personas, se dispondrán pasarelas resistentes, perfectamente fijadas y ancladas. Llevarán también barandillas laterales para impedir la caída a las zanjas.
7. Si las circunstancias de riesgo en la obra lo aconsejan, se podrán modificar y adaptar todas estas normas de acuerdo a la marcha de los trabajos y necesidades que aparezcan, y que no se encuentren contenidas en este documento. Las posibles modificaciones deberán contar con la aprobación del jefe de obra y el visto bueno de la Dirección Facultativa.

2. PLIEGO DE CONDICIONES

2.1. DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN

En especial, son de obligado cumplimiento todas las disposiciones contenidas en los siguientes textos legales:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES (Transposición de la Directiva de la Comunidad Económica Europea 89/391/CEE, conocida como "Directiva Marco").
- Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero, que aprueba el REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN (1º de los Reglamentos en desarrollo de la Ley 31/1995).

Otros Reglamentos en desarrollo de la citada L.P.R.L., aplicables a obras de construcción y que entrado en vigor recientemente, se relacionan a continuación:

- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre "Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo".
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre "Disposiciones mínimas en seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores".
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre "Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización".
- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre "La protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo".
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre "Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual".
- O. de 27-06-97, por la que se desarrolla el R.D. 39/1997 (Rglto. de los Servicios de Prevención), en relación con las condiciones de acreditación de las entidades especializadas como S. de Prevención ajenos, de las personas o empresas auditoras, así como autorización de entidades públicas y privadas para la realización/

certificación de actividades formativas en prevención.

- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre "Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo".
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre " Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción " (Reglamento específico para el sector de la construcción, en desarrollo de la Ley de Prevención de Riesgos laborales - ley 31/95, de 8 de noviembre-).
- Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el R.D. 39/1997, de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención.
- Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal (ETT).

Además, continúan vigentes e igualmente son aplicables los siguientes:

- Reglamento de Seguridad e Higiene en la Industria de la construcción.
(O.M. 20-5-52) (B.O.E. 15-6-52).
- Reglamento de accidentes de trabajo (parcialmente vigente). (Decreto 22-6-56)
(B.O.E. 15-7-56).
- Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.
(Decreto 30-11-61) (B.O.E. 7-12-61).
- Título II de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
(O.M. 9-3-71) (B.O.E. 16-3-71).
- Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo. (O.M. 9-3-71)
(B.O.E. 16-3-71).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias. (O.M. 20-9-73) (B.O.E. 9-10-73).
- Protección de los trabajadores contra riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire, el ruido y las vibraciones en el lugar de trabajo.
Convenio OIT 20-6-77. Ratificado por Instrumento 24-11-80. (B.O.E. 30-12-81).
- Estatuto de los Trabajadores (Marzo de 1980).
- Seguridad en las máquinas. (Real Decreto 1495/1986, 26-5-86) (B.O.E. 21-7-86 y 4-10-86). Modificado por el Real Decreto 590/1989, 19-5-89 (B.O.E. 3 6-89).
- Modelo de partes para la notificación de accidentes de trabajo, sus instrucciones

- y tramitación (O.M. 16-12-87) (B.O.E. 18-12-87).
- Libro de Incidencias en materia de Seguridad e Higiene. (O.M. 20-9-86) (B.O.E. 13-11-86).
 - Apertura previa o reanudación de actividades en centros de trabajo. (O.M. 6-5-88) (B.O.E. 16-2-88).
 - Real Decreto 2370/1996, de 18 de noviembre, que aprueba la I.T.C. MIE - AEM-4. Grúas móviles autopropulsadas usadas. (B.O.E. 24-12-96).
 - Ley de infracciones y sanciones de orden social, L.I.S.O.S. (Ley 8/1988, de 7-4-88) (B.O.E. 15-4-88). En vigor parcialmente.
 - R.D. 1/94, de 20 de Junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
 - R.D. 1.407/92, de 20 de Noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual (Directivas 89/656/CEE y 89/686/CEE. Sello conformidad "CE" en prendas de protección personal).
 - Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.
 - Convenio General del Sector de la Construcción.

2.2. CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN

Todos los equipos de protección tienen fijado un período aproximado de vida útil, transcurrido el cual deben desecharse, al perder algunas de sus propiedades.

Cuando por las circunstancias de trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

De la misma manera, toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, como consecuencia de un accidente) será desechado y repuesto de inmediato.

El uso de una prenda o equipo de protección nunca representará un riesgo en si mismo.

2.2.1. Equipos de protección individual (EPI):

Todas las prendas o equipos de protección individual que haya que utilizar en la obra como resultado de los riesgos evaluados, y por tanto como consecuencia de la identificación de la/s parte/s del cuerpo sometidas al riesgo, cumplirán con lo establecido en su legislación específica (R.D. 1407/92, de 20 de noviembre), tanto para la etapa de construcción como para la de explotación.

2.2.2. Protecciones colectivas (SPC):

A continuación se relacionan las características que cumplirán los distintos sistemas de protección colectiva a emplear en la obra objeto de este Estudio:

A) Señal normalizada de tráfico

Se colocará en todos los lugares de la obra, o de sus accesos y entorno, y donde la circulación de vehículos y peatones lo hagan preciso, de acuerdo con el Código de la Circulación y la Norma de Carreteras 8.3 - IC.

B) Señal normalizada de seguridad

Se colocará en todos los lugares de la obra, incluidos accesos, donde sea preciso advertir de riesgos, recordar obligaciones de usar determinadas protecciones, establecer prohibiciones o informar situación de medios de seguridad.

Las señales normalizadas de seguridad se recogen en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre "Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo".

C) Cordón o cinta de balizamiento

Se colocará en los límites de las zonas de trabajo o de paso en las que exista peligro de caída por desnivel o por caída de objetos, como complemento a la correspondiente protección colectiva.

D) Vallas autónomas de limitación y protección

Sirve para impedir el acceso a zonas de riesgo potencial. Tendrán como mínimo 90 cm. de altura, estando construidas a base de tubos metálicos. Dispondrán de patas para mantener su estabilidad y verticalidad.

E) Pórticos limitadores de gálibo

Dispondrán de dintel debidamente señalizado a base de banderolas o similar, para denotar la presencia de tendidos aéreos y delimitar zona de aproximación (distancia seguridad) a los mismos.

F) Topes de desplazamiento para vehículos

Se dispondrá en los límites de zonas de acopio, vertido o maniobras, para impedir aproximaciones de la maquinaria. Se podrán realizar con un par de tabloncillos embridados, fijados al terreno por medio de redondos hincados al mismo, o de otra forma eficaz.

G) Escaleras de mano

Cumplirán lo establecido en la normativa vigente. No se utilizarán para alturas mayores de 5 m. Estarán provistas de zapatas, puntas metálicas u otros medios antideslizantes y de elementos de fijación o amarre en cabeza. Una vez instaladas en la obra, sobrepasarán en 1 m de altura el punto superior de apoyo y se anclarán en sus extremos.

H) Medios auxiliares

Todos estos medios dispondrán de las protecciones adecuadas y se utilizarán de acuerdo con las disposiciones que señale la normativa vigente.

I) Interruptores diferenciales y tomas de tierra

La sensibilidad mínima de los interruptores diferenciales será de 30 mA para alumbrado y de 300 mA para fuerza.

La resistencia de las tomas de tierra será, como máximo, la que garantice de acuerdo con la sensibilidad del interruptor diferencial una tensión máxima de contacto de 24 V.

J) Maquinaria

Todas las máquinas cumplirán la legislación vigente y contarán por tanto, al llegar a obra, con todos los dispositivos de seguridad y elementos de protección que en aquella se señalen.

K) Riego de zonas

En caso de formación de ambientes pulverulentos, se regará para evitar la formación de polvo, sin que se produzcan encharcamientos.

L) Extintores

Serán adecuados en características de agente extintor y tamaño al tipo de incendio previsible, revisándose como mínimo cada 12 meses.

2.3. SERVICIO DE PREVENCIÓN

2.3.1. Servicio técnico de seguridad:

Conforme a lo previsto en Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, que aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, la empresa dispondrá de la organización adecuada en este sentido, acorde al tipo de empresa, a su tamaño y al número de trabajadores ocupados.

2.3.2. Botiquín de obras:

El botiquín dispuesto en obra será revisado mensualmente por la persona designada para su mantenimiento, y de inmediato se procederá a reponer el material consumido.

2.4. DELEGADO DE PREVENCIÓN Y COMITÉ DE SEGURIDAD Y SALUD

2.4.1. Delegado de prevención:

De acuerdo con lo previsto en el art. 35 de la Ley 31/95, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, los trabajadores tendrán derecho a designar entre sus representantes al/a los Delegado/s de Prevención de acuerdo con las condiciones recogidas en el citado artículo o bien aplicando lo prescrito en la Disposición Adicional cuarta de la Ley.

Sus competencias, facultades y demás aspectos, se recogen en los arts. 36 y 37 de la citada ley.

2.4.2. Comité de seguridad y salud:

Se constituirá el Comité de Seguridad y Salud cuando el número de trabajadores supere el previsto en el art. 38 de la Ley 31/95, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Sus competencias y facultades se recogen en el Art. 39 de la citada ley.

2.4.3. Brigada de seguridad:

La obra debe disponer de brigada de seguridad para garantizar la conservación y reposición de las distintas protecciones instaladas en la obra, realizando para ello su mantenimiento diario.

2.5. INSTALACIONES AUXILIARES DE HIGIENE Y BIENESTAR

Las instalaciones de servicios comunes para el personal de obra, cumplirán las siguientes condiciones:

ASEOS: Dispondrá de un lavabo y una ducha con agua fría y caliente por cada 10 trabajadores, un WC por cada 25, espejo y perchas.

VESTUARIOS: Dispondrán de bancos o asientos y taquillas individuales con llave, acordes con el número de trabajadores presentes en obra.

COMEDOR: Dispondrá de ventilación suficiente y estará dotado de mesas, asientos, calienta-comidas y cubos con tapa para depositar los desperdicios.

Periódicamente se efectuará el mantenimiento de todas estas instalaciones, tanto en lo referente a conservación, como a limpieza.

2.6. LIBRO DE ICIDENCIAS

De acuerdo con lo dispuesto en el R.D. 1627/97, de 24 de octubre, en su artículo 13, se habilitará un Libro de Incidencias que deberá mantenerse siempre en la obra, que constará de hojas por duplicado y al cual tendrán acceso la dirección facultativa, los contratistas, los subcontratistas y trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores y los técnicos de las Administraciones públicas competentes en Seguridad y Salud.

La copia de cada anotación practicada deberá ser remitida, antes de transcurridas 24 horas, conforme al procedimiento recogido en el citado real decreto, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realice la obra.

2.7. COORDINADOR DE SEGURIDAD

Conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1.627/1.997, de 24 de octubre, si se prevé que en la obra van a intervenir varias empresas -lo cual, en el caso de subcontratas, debe comunicar la empresa principal a la D. Facultativa tan pronto como se constate tal hecho- el promotor designará un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, para desarrollar las funciones recogidas en el art. 9 del citado R.D.

2.8. NORMAS TÉCNICAS DE HOMOLOGACIÓN

MT.1.- Casco de seguridad no metálico (B.O.E. nº 312 de 30-12-74)

MT.2.- Protectores auditivos (B.O.E. nº 209 de 1-9-75)

MT.3.- Pantalones para soldadores (B.O.E. nº 210 de 2-9-75)

MT.4.- Guantes aislantes de la electricidad (B.O.E. nº 211 de 3-9-75)

MT.7.- Adaptadores faciales (B.O.E. nº 214 de 6-9-75)

MT.9.- Mascarillas autofiltrantes (B.O.E. nº 216 de 9-9-75)

MT.13.- Cinturones de seguridad: sujeción (B.O.E. nº 210 de 2-9-77)

MT.16.- Gafas tipo universal con protección contra impactos
(B.O.E. nº 196 de 17- 8-78)

MT.17.- Oculares protectores contra impactos (B.O.E. nº 216 de 9-9-78)

MT.18.- Oculares filtrantes para pantalla de soldador (B.O.E. nº 33 de 7-2-79)

MT.19.- Cubrefiltros y antecristales para pantalla soldador
(B.O.E. nº 148 de 21-6- 79)

MT.20.- Equipos semiautomáticos de aire fresco con manguera de aspiración
(B.O.E. nº 4 de 4-1-81)

MT.21.-Cinturones de suspensión (B.O.E. nº 64 de 16-3-81)

MT.22.- Cinturones de caída (B.O.E. nº 65 de 17-3-81)

- MT.24.- Equipos semiautomáticos de aire fresco con manguera de aspiración
(B.O.E. nº 164 de 3-8-81)
- MT.25.- Plantillas de protección frente a riesgos de perforación
(B.O.E. nº 245 de 13-10-81)
- MT.26.- Aislamiento de herramientas manuales utilizadas en trabajos eléctricos de
B.T. (B.O.E. nº 243 de 10-8-81)
- MT.27.- Bota impermeable al agua y la humedad (B.O.E. nº 305 de 22-12-81)
- MT.28.- Dispositivos personales utilizados en las operaciones de elevación y
descenso. Dispositivo antiácidas (B.O.E. nº 299 de 14-12-82)

2.9. NORMAS DE CUMPLIMIENTO EN OBRA

2.9.1. Normas generales:

- Es necesario una colaboración total entre todos los equipos de ejecución para conseguir una seguridad eficaz.
- Se usará correctamente todo el equipo individual de seguridad que se asigne (casco, gafas, cinturones, etc.)
- Se usarán correctamente las protecciones colectivas y se revisarán periódicamente.
- Se advertirá al mando inmediatamente superior de cualquier peligro que se observe en la obra.
- Se mantendrá el buen orden y limpieza en los tajos.
- Usar las herramientas adecuadamente. Recogerlas cuando finalice el trabajo.
- No se utilizará ninguna máquina o herramienta, ni se hará un trabajo sin saber cómo se hace. Consultar previamente.
- No se realizará reparaciones mecánicas ni eléctricas, avisar al especialista autorizado.
- No utilizar nunca los dispositivos de seguridad, ni quitar una protección.
- Hacer el levantamiento de cargas a mano flexionando las piernas, sin doblar la columna vertebral.
- Para transportar pesos a mano (cubos de mortero, de agua, etc.) es preferible ir equilibrando llevando dos.
- No hacer giros de cintura cuando se está cargado.

- Al cargar o descargar materiales o máquinas por rampas, nadie debe situarse en la trayectoria de la carga.
- No tirar de la carretilla dando la espalda al camión.
- Antes de bascular la carretilla al borde de una zanja o similar, colocar un tope.
- Al hacer operaciones en equipo, debe haber una única voz de mando.
- Cada herramienta debe utilizarse para su fin específico. Las llaves no son martillos ni los destornilladores son cinceles.
- Se debe solicitar la sustitución inmediata de toda herramienta en mal estado.
- Las rebabas son peligrosas en las herramientas. Hay que eliminarlas en la piedra esmeril.
- Los mangos deben estar en buen estado y sólidamente fijados. De no ser así, deben repararse adecuadamente o ser sustituidos.
- Al hacer fuerza con una herramienta, se debe prever la trayectoria de la mano o del cuerpo en caso de aquella se escapara.
- No realizar nunca ninguna operación sobre máquinas en funcionamiento.
- Trabajando en altura se debe impedir la caída de las herramientas a niveles inferiores.

2.9.2. Electricidad:

- El grupo electrógeno estará provisto de disyuntor diferencial y toma de tierra.
- El cuadro eléctrico que se instalará será el normalizado por la empresa suministradora.
- Todas las mangueras se colocarán de forma que no puedan ser deterioradas ni que obstaculicen. No tenerlas entre hierros, agua o barro.
- Los empalmes de mangueras se harán utilizando cinta aislante adecuada, siendo preferible la utilización de conectores.
- Ninguna maquinaria eléctrica podrá utilizarse sin que halle protegida por una toma de tierra y disyuntor diferencial.
- Sólo personal especializado y autorizado realizará las operaciones de montaje y reparaciones.
- La parte posterior del cuadro donde se encontrarán las conexiones permanecerá cerrada y accesible únicamente al electricista.
- Cuando se tengan que emplear alargaderas, se usarán las conexiones de una marca

- homologada.
- No debe existir en ningún momento machos en tensión.
 - Queda terminantemente prohibido conectar los cables al enchufe con las puntas peladas, asimismo, sobredimensionar fusibles, puentear o anular tomas de tierra.
 - Revisiones de la instalación y comprobación de los disyuntores, tomas de tierra, etc., al menos cada 15 días.

2.9.3. Grupo electrógeno:

- Antes de poner en marcha el grupo, comprobar que el interruptor general de salida está desconectado.
- Todas las operaciones de mantenimiento y reparación de elementos próximos a partes móviles se harán con la maquinaria parada.
- Se efectuarán periódicamente las reparaciones indicadas en las Normas de Mantenimiento que dicte el fabricante.
- Regar periódicamente las puestas a tierra.

2.9.4. Trabajos en altura:

- Poner en conocimiento del superior cualquier antecedente de vértigo o miedo a las alturas.
- El servicio médico efectuará las pruebas de vértigo a todos los operarios.
- Es obligatorio utilizar el cinturón de seguridad cuando se trabaja en altura y no existe protección colectiva eficaz.
- El acceso a los puestos de trabajo se efectuará por los accesos previstos, no trepando por maderos o tubos.
- Antes de iniciar un trabajo en altura, comprobar que no hay ningún operario arriba o abajo trabajando en la misma vertical y que están colocadas las protecciones, plataformas y/o redes de seguridad.
- Si por necesidad del trabajo, hay que retirar momentáneamente alguna protección colectiva, debe reponerse antes de ausentarse.
- Está prohibido arrojar materiales o herramientas desde altura.

- Cuando se trabaje en altura, las herramientas deben llevarse en bolsas adecuadas que impidan su caída fortuita y nos permitan utilizar las dos manos en los desplazamientos.
- No olvidar que las plataformas de trabajo tendrán una anchura mínima de 0,6 m y que, a partir de los 2 m., se instalarán barandillas y rodapiés.

2.9.5. Normas específicas de los distintos oficios y operadores de máquinas:

A) Encofrador

- Revisar el estado de las herramientas y medios auxiliares, separando o desechando las que no reúnan las condiciones adecuadas.
- Desechar los materiales que estén en mal estado.
- Sujetar el cinturón de seguridad a algún punto fijo adecuado cuando se trabaje en altura.
- Utilizar solo madera que no tenga nudos para confeccionar barandillas, plataformas de trabajo, etc.
- Desencofrar los elementos verticales desde arriba hacia abajo.
- No dejar nunca clavos en la madera salvo que ésta quede acopiada en lugar donde nadie pueda pisar.
- Asegurarse de que todos los elementos del encofrado están firmemente sujetos antes de abandonar el trabajo.

B) Ferrallista

- Usará el cinturón de seguridad si realiza trabajos con riesgo de caída.
- No emplear el acero corrugado para hacer útiles de trabajo o elementos auxiliares. Su única utilización será como armadura del hormigón.
- Al transportar barras al hombro, llevar la extremidad anterior elevada.
- Evitar los impactos de piezas de ferralla con elementos eléctricos.
- Para el corte de ferralla con soplete, tener en cuenta las Normas sobre utilización del mismo.

- Acopiar la ferralla de forma ordenada dejando siempre zonas libres para el paso de personas.

C) Soldador

- En caso de trabajos en recintos cerrados, tomar las medidas necesarias para que los humos desprendidos no le afecten.
- Conectar la masa lo más cerca posible del punto de soldadura.
- No realizar soldaduras en las proximidades de materiales inflamables o combustibles.
- Extremar las precauciones en cuanto a los humos desprendidos al soldar materiales pintados.
- No efectuar soldaduras sobre recipientes que hayan contenido productos combustibles.
- Evitar el contacto con elementos conductores que puedan entrar bajo tensión, aunque se trate de la pinza (los 80 V. de la pinza puede llegar a electrocutar).
- Solicitar la reparación del grupo cuando se observe algún deterioro.

D) Sopletista

- No trabajar en proximidades de productos combustibles o inflamables por el posible incendio que se pueda producir.
- Los humos producidos por los recubrimientos (antioxidantes, barnices, pinturas, etc.) pueden ser tóxicos. Se deben adoptar las precauciones adecuadas (ventiladores, mascarillas, etc.), sobre todo en lugares cerrados.
- Dejar la llave permanentemente colocada en la botella de acetileno que se está usando para poder cerrarla rápidamente en caso de emergencia.
- Prever la caída de los trozos de material de corte, evitando que impacten sobre personas, las mangueras o causen lesiones propias.
- No dejar nunca el soplete encendido colgado de las botellas, pues el riesgo de explosión es grande.
- Es frecuente aprovechar bidones vacíos para hacer recipientes. No cortarlos nunca con soplete.
- No emplear nunca oxígeno para fin distinto de su utilización en el soplete (avisar

fuegos, ventilación, etc.). La explosión podía ser inmediata.

- Comprobar periódicamente el estado del equipo, corrigiendo de inmediato cualquier fuga que se aprecie. Para su detección nunca se empleará la llama.

E) Encofrado: operador de grúa móvil.

- Vigilar atentamente la posible existencia de líneas eléctricas con las que la grúa pudiera entrar en contacto.
- Antes de subirse a la máquina, hacer inspección debajo y alrededor de la misma para comprobar que no hay ningún obstáculo.
- En caso de contacto con la línea eléctrica permanecer en la cabina hasta que corten la tensión. Si fuera imprescindible bajar, hacerlo de un salto.
- Para la elevación, asentar bien la grúa sobre el terreno. Si existiesen desniveles o terreno poco firme, calzar los gatos con tablones.
- Nunca utilizar la grúa por encima de sus posibilidades claramente expuestas en la tabla de cargas.
- En las operaciones de montaje y desmontaje de pluma, no situarse debajo de ella.
- No realizar nunca tiros sesgados.
- No intentar elevar cargas que no estén totalmente libres.
- No pasar la carga por encima de personas.
- No abandonar el puesto de mando mientras la carga esté suspendida de la grúa.
- Avisar a su superior de las anomalías que se perciban y hacerlas figurar en su Parte de Trabajo.

F) Conductor de camión

- Si no se ha manejado antes un vehículo de la misma marca y modelo, solicitar la instrucción adecuada.
- Antes de subirse a la cabina para arrancar, inspeccionar alrededor y debajo del vehículo por si hubiera alguna anomalía.
- Hacer sonar el claxon inmediatamente antes de iniciar la marcha.
- Comprobar los frenos después de su lavado o de haber atravesado zonas con agua.

- No circular por el borde de excavaciones o taludes.
- No circular nunca en punto muerto.
- Nunca circular demasiado próximo al vehículo que le preceda.
- Nunca transportar pasajeros fuera de la cabina.
- Bajar el basculante inmediatamente después de efectuar la descarga evitando circular con él levantado.
- Si se tiene que inflar un neumático, situarse en un costado fuera de la posible trayectoria del aro si éste saliera desprendido.
- No realizar revisiones o reparaciones con el vasculante levantado sin haberlo calzado previamente.
- Realizar todas las operaciones que le afecten según queda reflejado en la Norma de Mantenimiento.

G) Conductor de camión hormigonera

- Efectuar las comprobaciones y revisiones indicadas en las Normas de Mantenimiento.
- Antes de emprender la marcha, comprobar que la canaleta está recogida.
- Respetar escrupulosamente las normas establecidas en la obra en cuanto a circulación, señalización y estacionamiento.
- No circular por el borde de zanjas o taludes para evitar derrumbamientos o vuelcos.
- Después de circular por lugares encharcados, comprobar el buen funcionamiento de los frenos.
- Antes de bajarse del vehículo, dejarlo bien frenado y con una marcha metida cuando pare el motor.
- Comunicar cualquier anomalía observada en el vehículo y hacerla constar en el Parte de Trabajo.

H) Operador de bomba de hormigón

- Revisar la tubería principalmente en el tramo de goma.
- En las tuberías de enchufe rápido tomar medidas para evitar la apertura intempestiva de los pestillos.

- Estar muy atento a la posible existencia de líneas eléctricas aéreas en las proximidades de la zona de trabajo cuando se trate de bomba con pluma.
- Vigilar los manómetros sabiendo que un aumento de presión indica que se ha producido un atasco.
- No intentar nunca actuar a través de la rejilla de la tolva receptora. En caso ineludible, parar el agitador.
- Para deshacer un atasco no emplear aire comprimido.
- Al terminar el bombeo, limpiar la tubería con la pelota de esponja, poniendo la rejilla en el extremo.
- Si una vez introducida la bola de limpieza y cargado el compresor, hubiera que abrir la compuerta antes del “disparo”, eliminar la presión antes de hacerlo.
- Comunicar a su superior cualquier anomalía observada en la máquina y hacerla constar en al Parte de Trabajo.

I) Compresor móvil

- Calzar adecuadamente el compresor en su posición de trabajo a fin de evitar posibles desplazamientos accidentales.
- Al levantar el capote, dejarlo firmemente sujeto para evitar su caída.
- No utilizar el compresor como “almacén” de herramientas, trapos de limpieza, etc.
- Antes de intentar desconectar un acoplamiento, comprobar que no existe presión en el interior de la tubería.
- No usar el aire comprimido como elemento de limpieza de roca o cabello.
- Hacer una purga periódica de filtros y calderines.
- Las revisiones y reparaciones se harán siempre con el motor parado.
- Efectuar las revisiones que a su cargo figuren en las Normas de Mantenimiento de la máquina.

2.9.6. Normas especiales para excavaciones y trabajos en zanja o con retroexcavadora:

A) Desmontes

- Se harán cumplir las normas propias de cada máquina que se emplee.
- Se tomarán las medidas especiales para evitar la caída de árboles sobre el operador.
- Se tomarán las medidas especiales en las zonas eléctricas (solicitar el cambio si fuese posible).
- Se comprobará que los frentes de ataque estén en condiciones de proseguir el trabajo, ordenando el saneo cuando fuese necesario.
- Se cuidará de eliminar previamente todas las piedras o materiales que puedan caer sobre el operador.
- Cuando las máquinas se encuentren trabajando en la calzada, se colocará un hombre para dirigir el tráfico.

B) Excavaciones en pozos o zanjas.

- Se empleará: casco, guantes y calzado de protección.
- Cuando esté trabajando la retro, no puede haber nadie en su radio de acción.
- Se marcará la distancia que debe guardar la máquina del borde de la excavación para eliminar el riesgo de hundimiento.
- Si se trabaja bajo tendido eléctrico se señalará el gálibo. Si no existe la distancia reglamentaria, no se excavará hasta que la línea esté sin suministro o cambiada de lugar.
- Los bordes de la excavación se protegerá con vallas siempre que exista peligro para personas o máquinas.
- Se dispondrá de escaleras para el acceso al fondo sobrepasando en un metro el punto de apoyo. Los productos de la excavación se retirarán del borde de la zanja como mínimo 1,5 m.
- Todas las zanjas de más de 1.5 m se les dará una sobreexcavación o se entibarán según la dirección facultativa.

- No se acumularán materiales ni se estacionará un vehículo a menos de 1 m del borde de la excavación.
- Se colocará las pasarelas necesarias con un mínimo de 0.6 de base y provista de barandillas.
- Queda terminantemente prohibido permanecer en el fondo de una excavación estando una máquina en sus proximidades.

C) Retroexcavación

- Cuando se esté trabajando, la excavadora debe estar parada y con los frenos puestos.
- Las máquinas con ruedas tendrán estabilizadores.
- Se colocará la máquina de manera que las ruedas o las cadenas estén a 70° respecto a la superficie de trabajo. Esto permite mayor estabilidad y un rápido retroceso.
- En operaciones con pala frontal de una cierta altura se empezará atacando las capas superiores para evitar derrumbos.
- Cuando sea necesario trabajar en una pendiente se hará hacia arriba. Así el agua no se introducirá en la excavación.
- Cuando se sube o se baja por una pendiente pronunciada es necesario que el equipo de trabajo esté dirigido hacia abajo, con la cuchara a una altura que no choque con los posibles obstáculos, pero lo suficientemente bajo como para actuar de soporte a la máquina en caso de que fuese a volcar. Otro método, cuando se sube por una pendiente, sería llevar el brazo y la cuchara hacia delante y baja actuando así de contrapeso.
- La cuchara no debe usarse para golpear rocas especialmente si están medio desprendidas.
- Se cargará el material en los camiones de manera que la cuchara nunca pase por encima de la cabina del camión o del personal en tierra.
- No se excavará por debajo de la máquina, pues se puede dejar a punto de volcar en la excavación.
- La tierra se descargará a una distancia de 1,5 m. del borde de una excavación.
- Nadie se encontrará trabajando en el interior de una excavación cuando la retroexcavadora también lo esté haciendo o esté en su proximidad.

- Nadie se encontrará en el radio de acción de la máquina.
- Los accesos estarán limpios de grasas o barro para evitar resbalones al subir o bajar.
- La máquina estará provista de cabina.

2.10. CERTIFICACIÓN DEL CAPÍTULO DE SEGURIDAD Y SALUD

El abono de las partidas presupuestarias que se concreten en el definitivo documento de seguridad (Plan de Seguridad y Salud), lo realizará la propiedad a la empresa adjudicataria de las obras, previa certificación de la Dirección Facultativa, expedida conjuntamente con las de las demás unidades de obra realizadas.

ANEXO 7: BIBLIOGRAFÍA

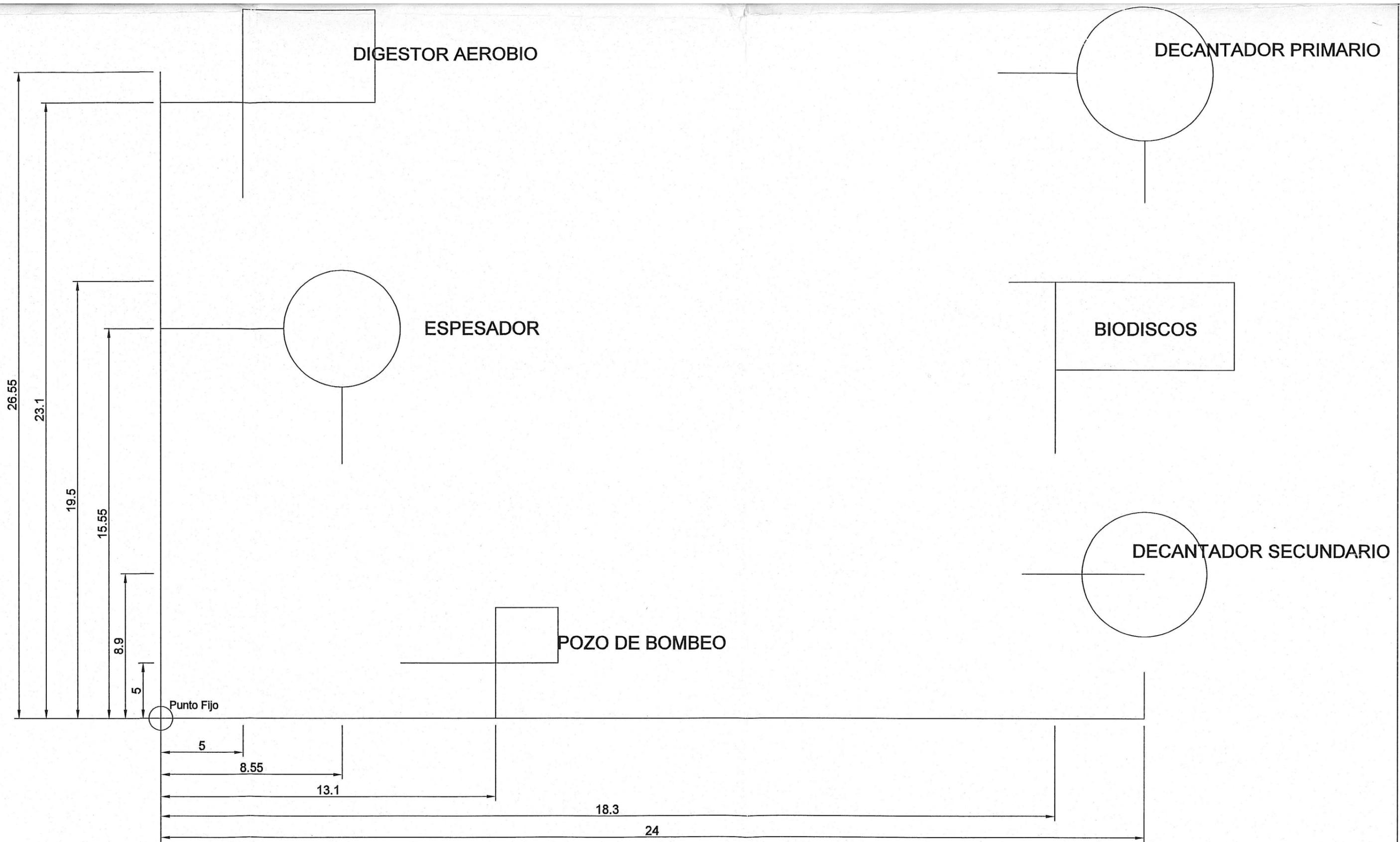
En la elaboración de este proyecto se han consultado principalmente los siguientes títulos:

- Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales. Aurelio Hernández Lehmann (2002). Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Depuración de aguas residuales. Aurelio Hernández Muñoz. Colección Señor, nº 9.
- Metcalf-Eddy. Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Ed. Labor, 1997
- Depuración de aguas residuales en pequeñas comunidades. Ramón Collado Lara. Colección Señor nº 12.
- Manual de Depuración Uralita. Varios autores. Ed. Paraninfo.
- Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Metcalf & Eddy.
- Manual Técnico del Agua. Degrémont (1979).
- Pronóstico económico en Química Industrial. Vian Ortuño.
- Waste Treatment in the Food Processing Industry. Ed. CRC (2005).

Los catálogos de equipos que se han consultado son:

- Catálogos de bombas para aguas residuales.
- Catálogo de medidores de caudal tipo Parshall.
- Catálogo de válvulas tipo FIP.
- Catálogo de suministro de tuberías de acero inoxidable de “Comercial de válvulas y accesorios, SA”.
- Catálogo de GlobalSpec “The Engineering Search Engine”.
- Catálogo de biodiscos de Mita Biorulli S.R.L.

CAPÍTULO II: PLANOS



PFC_Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz

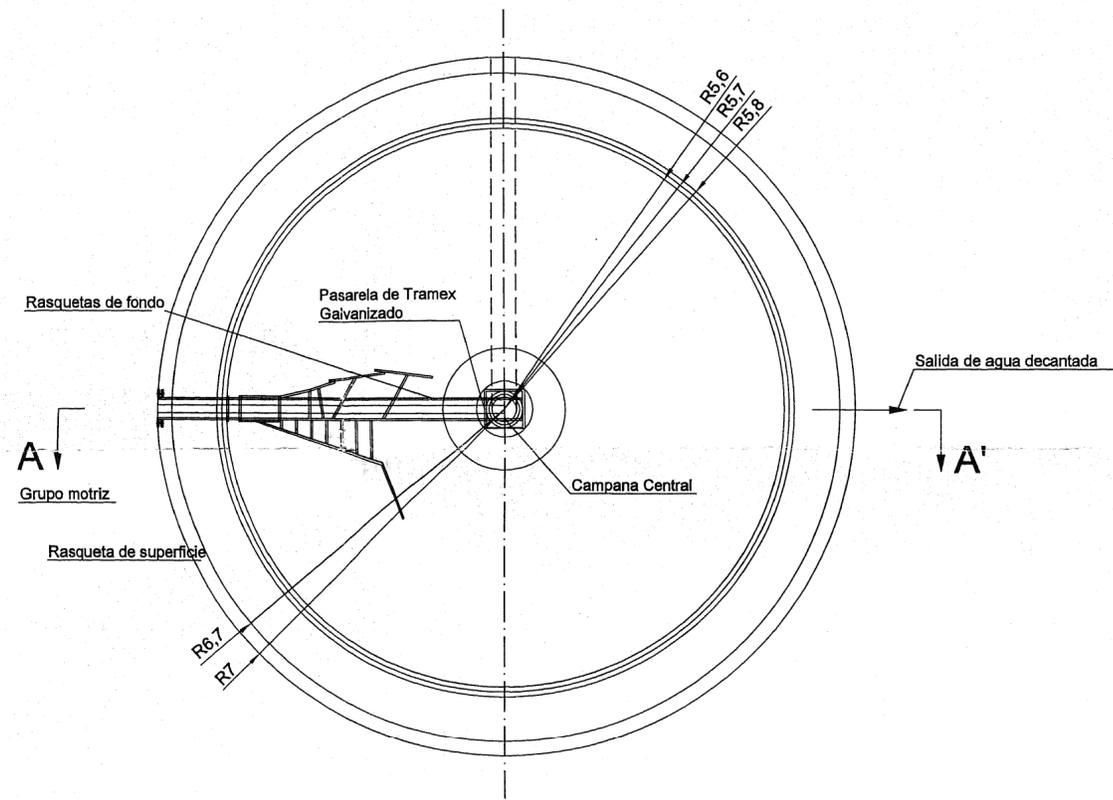
**APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO MEDIANTE
CBR'S A LOS EFLUENTES DE UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

VISTA GENERAL DE PLANTA
1_50

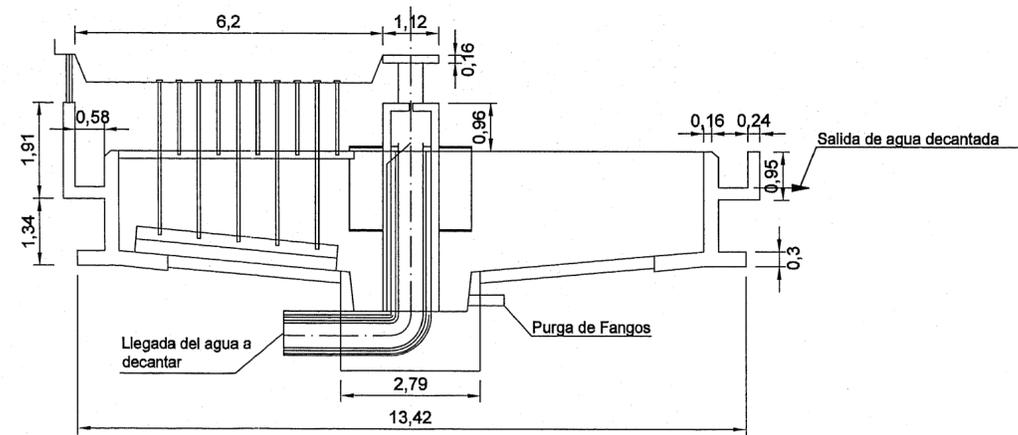
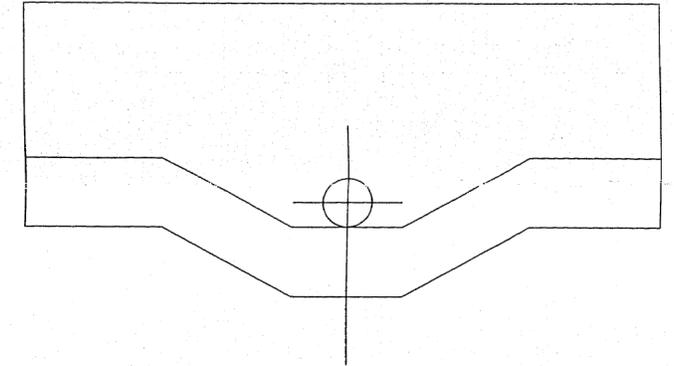
PLANO

01 

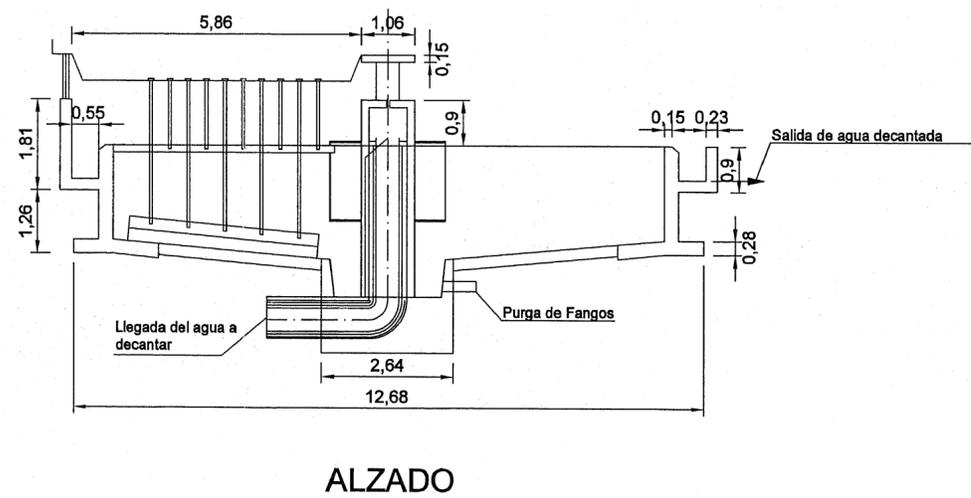
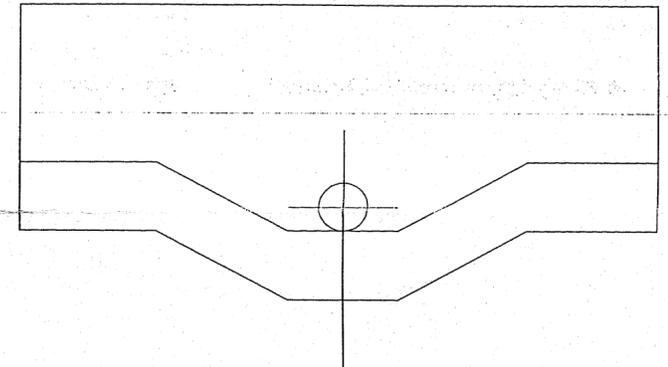
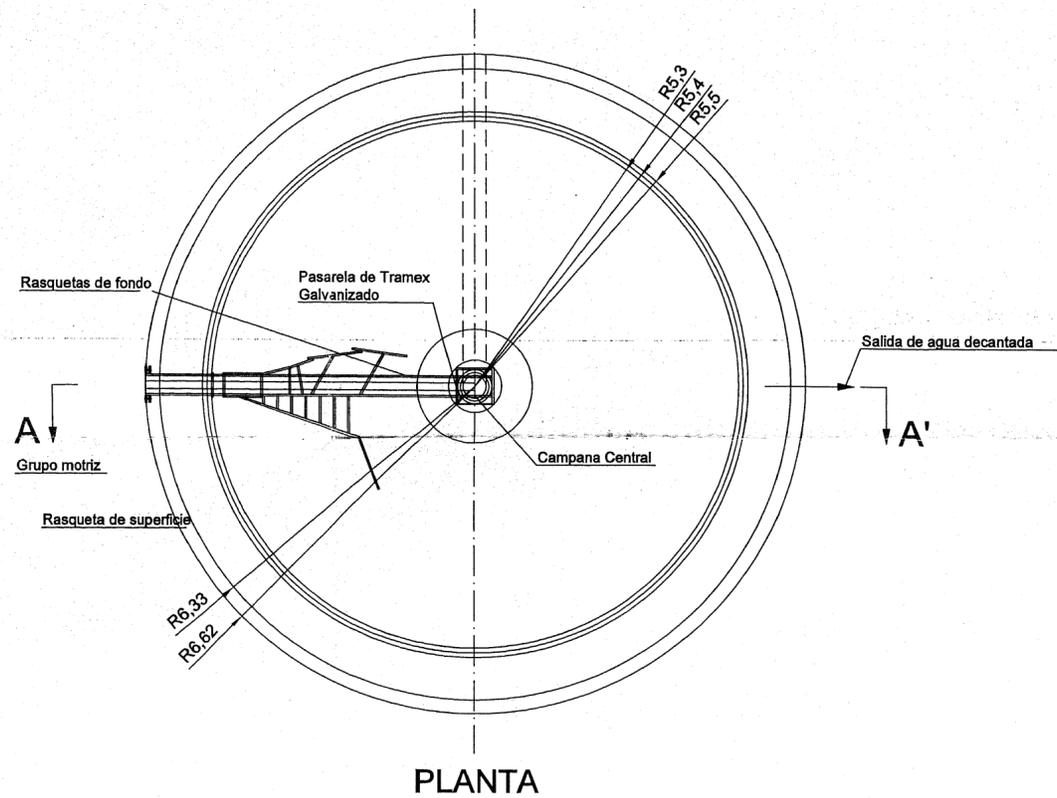
Victor Jean-Paul Romero
Jerez, a 30 de noviembre de 2006



PLANTA



ALZADO



CAPÍTULO III: PLIEGO DE CONDICIONES

| | |
|---|-----------|
| 1. OBJETO | 3 |
| | |
| 2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES | 3 |
| 2.1. NORMAS DE APLICACIÓN | 3 |
| 2.2. INGENIERO DIRECTOR DE LAS OBRAS | 3 |
| 2.3. INSPECCIÓN DE LAS OBRAS | 4 |
| 2.4. REPRESENTANTE DEL CONTRATISTA | 4 |
| 2.5. PERSONAL FACULTATIVO POR CUENTA DEL CONTRATISTA | 5 |
| 2.6. ÓRDENES AL CONTRATISTA | 5 |
| 2.7. PERMISOS Y LICENCIAS | 6 |
| 2.8. SUBCONTRATISTA O DESTAJISTA | 6 |
| 2.9. SEÑALIZACIONES DE OBRAS E INSTALACIONES | 6 |
| 2.10. PRECAUCIONES | 6 |
| 2.11. CONSERVACIÓN DEL PAISAJE | 7 |
| 2.12. LIMPIEZA FINAL DE LAS OBRAS | 7 |
| 2.13. PLAZO DE GARANTÍA | 8 |
| 2.14. RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES PARCIALES DE OBRA EJECUTADA | 8 |
| 2.15. OTROS GASTOS DE CUENTA DEL CONTRATISTA | 8 |
| 2.16. ACCIDENTES DE TRABAJO | 9 |
| 2.17. MODIFICACIONES DEL PROYECTO | 9 |
| 2.18. CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO | 9 |
| 2.19. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS | 9 |
| 2.20. PROGRAMA DE TRABAJO | 10 |
| 2.21. REPLANTEO PREVIO DE LAS OBRAS | 10 |
| 2.22. ENSAYOS Y ANÁLISIS | 10 |
| | |
| 3. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS | 11 |
| 3.1. DEFINICIÓN Y ALCANCE | 11 |
| 3.1.1. Objeto de este pliego | 11 |
| 3.1.2. Documentos que definen las obras | 11 |
| A) Documentos contractuales | 11 |

| | |
|--|----|
| B) Documentos informativos | 12 |
| 3.1.3. Compatibilidad y prelación entre documentos | 12 |
| 3.1.4. Representación del contratista | 13 |
| 3.1.5. Disposiciones aplicables | 13 |
| 3.1.6. Comienzo de las obras | 14 |
| 3.1.7. Programa de trabajo | 14 |
| 3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS | 15 |
| 3.2.1. Decantador primario | 15 |
| 3.2.2. Tanque de biodiscos | 15 |
| 3.2.3. Decantador secundario | 15 |
| 3.2.4. Espesador de gravedad | 15 |
| 3.2.5. Digestor aeróbico | 16 |
| 3.2.6. Bombeo de sobrenadantes | 16 |
| 3.3. CONSIDERACIONES SOBRE LOS MATERIALES | 16 |
| 3.3.1. Procedencias | 16 |
| 3.3.2. Ensayos | 16 |
| 3.3.3. Transporte y acopio | 17 |
| 3.3.4. Materiales | 18 |
| 1. Conglomerantes | 18 |
| 2. Áridos para morteros y hormigones | 19 |
| 3. Prefabricados de hormigón | 19 |
| 4. Tierras para relleno de zanjas | 20 |
| 5. Tuberías de PVC | 20 |
| 6. Tuberías de Polietileno | 21 |
| 7. Materiales no incluidos en el presente pliego | 21 |

1. OBJETO

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas, tiene por objeto establecer las cualidades que deben reunir los materiales a utilizar y el modo de ejecución y medición de las diferentes unidades comprendidas en el presente Proyecto.

2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

2.1. NORMAS DE APLICACIÓN

Además de cuanto se prescribe en este Pliego, serán de obligado cumplimiento las siguientes disposiciones de carácter general:

- Ley de Bases de Contratos del Estado, de 8 de Abril de 1965, su modificación del 17 de Marzo de 1973, y su Reglamento del 25 de Noviembre de 1975.
- Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado, de 31 de Diciembre de 1970.
- Ordenanzas de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica, de 28 de Agosto de 1970 y sus modificaciones de 27 de Julio de 1973.

2.2. INGENIERO DIRECTOR DE LAS OBRAS

La Administración designará al Ingeniero Director de las Obras que, por sí o por aquellos que actúen en su representación, será responsable de la inspección y vigilancia de la ejecución del Contrato, y asumirá la representación de la Administración frente al Contratista.

Las funciones del Ingeniero Director de las obras serán las siguientes:

- Garantizar la ejecución de las obras con estricta sujeción al Proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas.
- Definir aquellas Condiciones Técnicas que el presente Pliego de Prescripciones deja a su decisión.
- Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de Planos, Condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del Contrato.

- Estudiar las incidencias o problemas planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del Contrato o aconsejen su modificación, tramitando, en su caso, las propuestas correspondientes.
- Proponer las actuaciones procedentes para obtener, de los organismos oficiales y de los particulares, los permisos y autorizaciones necesarias para la ejecución de las obras y ocupaciones de los bienes afectados por ellas, y resolver los problemas planteados por los servicios y servidumbre relacionadas con las mismas.
- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso, para lo cual el Contratista deberá poner a su disposición el personal y material de la obra.
- Acreditar al Contratista las obras realizadas, conforme a lo dispuesto en los documentos del Contrato.

El Contratista estará obligado a prestar su colaboración al Ingeniero Director para el normal cumplimiento de las funciones a éste encomendadas.

2.3. INSPECCIÓN DE LAS OBRAS

El Contratista proporcionará al Ingeniero Director, o a sus subalternos o delegados, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de materiales de todos los trabajos, permitiendo y facilitando el acceso a todas las partes de la obra, con objeto de comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas en este Pliego.

2.4. REPRESENTANTE DEL CONTRATISTA

Una vez adjudicadas las obras definitivamente, el Contratista designará una persona que actúe como representante suyo ante la Administración durante la ejecución de las obras. Antes del nombramiento del representante, el Contratista deberá someterlo a la aprobación de la Administración, pudiendo ésta aceptar o denegar el nombramiento.

Si no fuese nombrado dicho representante quedará entendido tácitamente que actuará como tal el Contratista adjudicatario o Apoderado legalmente reconocido.

2.5. PERSONAL FACULTATIVO POR CUENTA DEL CONTRATISTA

En todas aquellas obras cuyo Presupuesto Total sea igual o superior a treinta mil euros, será obligatorio que los trabajos se realicen bajo la dirección inmediata de un Técnico de grado Medio o Superior que tenga competencia legal para ello.

Este Técnico será designado por el Contratista, dando cuenta a la Administración de dicho nombramiento, pudiendo ésta aceptar o denegar el mismo.

El Ingeniero Director vigilará el estricto cumplimiento de tal exigencia, pudiendo suspender los trabajos, sin que de ello se deduzca alteración alguna de los términos y plazos del Contrato, cuando no se realicen bajo la dirección del personal facultativo designado para las mismas.

El Ingeniero Director de las obras podrá exigir del Contratista la designación de nuevo personal facultativo cuando así lo requieran la importancia o las necesidades de los trabajos a realizar.

2.6. ÓRDENES AL CONTRATISTA

Las órdenes al Contratista se darán por escrito y numeradas correlativamente, reflejándose en el correspondiente libro de Órdenes.

Éste quedará obligado a firmar el recibo en el duplicado de la orden.

Se hará constar en el Libro de Órdenes al iniciarse las obras o, en caso de modificaciones, durante el curso de las mismas, con carácter de orden al Contratista, la relación de personas que, por el cargo que ostentan o la delegación que ejercen, tienen facultades para acceder a dicho Libro y transcurrir en él, las que consideren necesario comunicar al Contratista.

2.7. PERMISOS Y LICENCIAS

El Contratista deberá obtener, a su costa, todos los permisos o licencias necesarias para la ejecución de las obras, con excepción de las correspondientes a las expropiaciones, servidumbres y servicios definidos en el Contrato.

2.8. SUBCONTRATISTA O DESTAJISTA

El Contratista podrá dar a destajo o en subcontrato cualquier parte de la obra, pero con la previa autorización del Ingeniero Director de las obras, el cual está facultado para decidir la exclusión de un subcontratista, por ser el mismo incompetente o no reunir condiciones idóneas para realizar el trabajo correspondiente. Comunicada la decisión al Contratista, éste deberá tomar las medidas precisas e inmediatas para la rescisión del trabajo con el subcontratista.

El Contratista será siempre responsable ante la Administración de todas las actividades del destajista y de las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones expresadas en este Pliego.

2.9. SEÑALIZACIONES DE OBRAS E INSTALACIONES

El Contratista quedará obligado a señalar, a su costa, las obras objeto del Contrato, con arreglo a las instrucciones y modelos que reciba el Ingeniero Director. Sin perjuicio de lo que sobre el particular ordene al Ingeniero Director, el Contratista será responsable del estricto cumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia.

Las obras se ejecutarán de forma que el tráfico ajeno a ellas encuentre, en todo momento, un paso en buenas condiciones de viabilidad y seguridad, ejecutándose caminos provisionales para desviarle.

2.10. PRECAUCIONES

Para evitar accidentes y perjuicios, tanto a los obreros como a los propietarios colindantes a las obras, el Contratista está obligado a entibar y acodalar

las excavaciones o edificios, si fuera necesario, siendo de su exclusiva cuenta las consecuencias que de su incumplimiento pudieran derivarse.

Si en el transcurso de las obras existiese duda por parte del Contratista sobre la forma de realizar alguna de las precauciones anteriores está obligado a solicitar las informaciones y aclaraciones necesarias a la Dirección de la obra. La falta de su consulta responsabiliza al Contratista en cuanto a cualquier efecto que se derive, incluso ante terceros.

2.11. CONSERVACIÓN DEL PAISAJE

El Contratista prestará atención al efecto que puedan tener las distintas operaciones e instalaciones que necesite realizar para la ejecución de las obras sobre la estética y el paisaje en las zonas en que se encuentren ubicadas. En tal sentido cuidará que los árboles, hitos, pretilos y demás elementos que puedan ser dañados durante las obras sean debidamente protegidos, en evitación de posibles destrozos, que de producirse, serán restaurados a su costa.

Así mismo cuidará del sentido estético de sus construcciones auxiliares, depósitos y acopios, que podrán ser modificados por indicación del Ingeniero Director.

2.12. LIMPIEZA FINAL DE LAS OBRAS

Una vez que las obras hayan terminado, todas las instalaciones, depósitos y edificios con carácter temporal para el servicio de la obra, deberán ser demolidos antes de proceder a la recepción provisional de las obras.

Todo ello se ejecutará de forma que las zonas afectadas queden completamente limpias y en condiciones estéticas, haciéndose extensivo a todos aquellos materiales sobrantes procedentes de acopios, excavaciones u otras operaciones.

Estos trabajos no serán objeto de abono alguno, siendo, pues, por cuenta del Contratista.

2.13. PLAZO DE GARANTÍA

El plazo de garantía de las obras comprendidas en el presente Proyecto será de un (1) año a contar desde la fecha de recepción provisional de las obras. Los gastos de conservación de las obras y la reparación de los desperfectos imputables a una deficiente ejecución, correrán a cargo del Contratista.

2.14. RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES PARCIALES DE OBRA EJECUTADA

Mensualmente se procederá por parte de la Dirección de la obra a la medición de la obra ejecutada en el mes correspondiente, cuya relación valorada con los precios del presente Proyecto, servirá de base para determinar el importe de la oportuna certificación. Así mismo, la Dirección de la obra podrá no certificar acopios si por alguna circunstancia lo cree oportuno.

2.15. OTROS GASTOS A CUENTA DEL CONTRATISTA

Además de los gastos establecidos en los Artículos anteriores serán de cuenta del Contratista los siguientes:

- Gastos de control de calidad, cuya valoración no se ha tenido en cuenta en la determinación del Presupuesto de las obras.
- Gastos de alquiler o adquisición de terrenos para depósitos de maquinaria y materiales.
- Gastos de retirada de los materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos y pruebas.

Todos los gastos mencionados en éste y otros Artículos, así como los financieros y fiscales, quedan incluidos dentro de los Gastos Generales en que se incrementa el Presupuesto de Ejecución Material, Dirección e Inspección de obra que, no siendo de cuenta del Contratista, se reflejan por separado en el correspondiente Presupuesto General.

2.16. ACCIDENTES DE TRABAJO

El Contratista queda obligado al cumplimiento de lo dispuesto en la legislación vigente a accidentes del trabajo, seguros obligatorios y demás disposiciones de carácter social. La Administración contratante se hace irresponsable por el incumplimiento de las obligaciones sociales, laborales y económicas que le incumben al Contratista.

2.17. MODIFICACIONES DEL PROYECTO

El Contratista deberá ejecutar las modificaciones autorizadas que se introduzcan en el Proyecto, siempre que las mismas no produzcan aumento o disminución superior al veinte (20) por ciento del Presupuesto Total de las obras contratadas.

2.18. CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO

Lo mencionado en el Pliego de Condiciones y omitido en los Planos ó viceversa habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos Documentos. En caso de contradicción entre Planos y Pliego de Condiciones prevalecerá lo prescrito en este último.

Las omisiones en Planos y Pliego de Condiciones o las descripciones erróneas de los detalles de las obras que sean indispensables para llevar a cabo el espíritu o intención expuesto en los Planos y Pliego de Condiciones, o que por su uso y costumbre deban ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran sido completas y correctamente especificados en los Planos y Pliegos de Condiciones.

2.19. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras se realizarán dentro de los treinta (30) días siguientes al de la fecha de la firma de la escritura de contratación y el plazo de ejecución de las obras se estima en doce (12) meses.

2.20. PROGRAMA DE TRABAJO

Dentro de los treinta días siguientes a la fecha en que se notifique la adjudicación definitiva al contratista de las obras, deberá presentar el Programa de Trabajo, en el que se especificarán los plazos parciales y fecha de terminación de las clases de obra previstas ajustándose a las anualidades contractuales previstas. El Programa, una vez aprobado por el Director de las obras, tendrá carácter de compromiso formal para el cumplimiento de los plazos en él establecidos.

2.21. REPLANTEO PREVIO DE LAS OBRAS

Firmada la escritura de contratación, el Director de las obras en presencia del Contratista, comprobará sobre el terreno el replanteo que se haya realizado de las obras. Se levantará acta por triplicado de la concordancia o discrepancia existentes. En el primer caso podrán empezarse las obras. En el segundo caso se dará cuenta a la Administración contratante para que tome la resolución que proceda.

2.22. ENSAYOS Y ANÁLISIS

Los ensayos de materiales deberán hacerse en Laboratorio Homologado por el M.O.P.U.

Los ensayos de suministros fabricados deberán realizarse previamente a su expedición a obra. Aquellos que la Dirección de la obra disponga deberán efectuarse bajo la inspección de un delegado del Laboratorio Homologado en la misma fábrica o Laboratorio que se designe.

Los ensayos y análisis que durante la ejecución de las obras dicte la Dirección de las mismas se ejecutarán en el Laboratorio Homologado que de acuerdo con el Contratista se designe.

Los ensayos y análisis de hormigones serán los establecidos por la Instrucción EH-91.

Los ensayos y pruebas de tuberías serán los señalados en el presente pliego.

Todos los ensayos previstos y que disponga la Dirección de las obras serán a cargo del Contratista hasta un importe del 1% del Presupuesto de Ejecución Material.

En el caso de exceder el importe del 1%, se podrán realizar los ensayos con cargo a la partida Control de Calidad que en el Presupuesto para conocimiento de la Administración se ha previsto con un importe de otro 1%.

En consecuencia, en las certificaciones de obras llevará nota de los ensayos realizados y de su importe a los precios contratados con el Laboratorio Homologado y haya aprobado la dirección de las obras.

La Dirección de las obras antes del comienzo de las mismas podrá proponer los estudios previos que estime convenientes a fin de asegurar la estabilidad de las fábricas y canalizaciones proyectadas.

3. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

3.1. DEFINICIÓN Y ALCANCE

3.1.1. Objeto de este pliego

Estas prescripciones técnicas particulares tienen por objeto definir las prescripciones que han de cumplirse en la ejecución de las obras realizadas en el presente proyecto.

Serán también de aplicación los Pliegos, Instrucciones, Normas y Prescripciones, oficiales o no, que se citen en los distintos apartados de este pliego, en la forma que para cada uno de ellos se establece.

3.1.2. Documentos que definen las obras

A) Documentos contractuales

Los documentos que se incorporan al contrato como documentos contractuales son los siguientes: Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, Cuadro de Precios, Pliego de Condiciones y Planos.

B) Documentos informativos

Los datos sobre la procedencia de materiales, condiciones locales, diagramas de movimiento de tierras, de maquinaria, de programación, de condiciones climáticas, de justificación de precios y en general, todos los que se incluyen en la Memoria, y demás documentos no contractuales del proyecto, son documentos informativos.

Dichos documentos representan una opinión fundada del autor del proyecto. Sin embargo, ello no supone que el mismo se responsabilice de la certeza de los datos que se suministran y, en consecuencia, deberán aceptarse tan solo como complemento de la información que el Contratista adquirirá directamente.

3.1.3. Compatibilidad y prelación entre documentos

Los errores materiales que pudieran contener el proyecto o presupuesto elaborado por el Propietario no anulará el contrato, salvo que sean efectuadas las oportunas reservas por cualesquiera de las partes en un plazo no mayor de dos (2) meses, computados a partir de la firma del acta de comprobación del replanteo y, además, afecten al importe del presupuesto de la obra en el porcentaje que establezca el pliego de condiciones administrativas particulares o el contrato.

Caso contrario, los errores sólo darán lugar a su rectificación.

Lo mencionado en este pliego y omitido en los planos o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos. En caso de contradicción entre ambos prevalecerá lo establecido en el pliego de prescripciones técnicas.

Las omisiones en planos y pliego de prescripciones técnicas o las descripciones erróneas de los detalles de las obras que sean manifiestamente indispensables para llevarse a cabo, o que por su uso y costumbre deban ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de realizarlas sino que, al contrario, obligan a su ejecución como si hubieran sido completa y correctamente descritas.

Los precios de las unidades de obra así como de los materiales o mano de obra que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre la Dirección Facultativa y el Contratista. Estos precios se harán sobre la base de los

precios utilizados en el proyecto, con la aplicación de la baja que hubiera realizado el Contratista y fuera condición del contrato.

En todo caso, la Dirección Facultativa resolverá unilateralmente las dudas que pudieran surgir de la interpretación de los posibles documentos del proyecto.

3.1.4. Representación del contratista

El Contratista designará una persona que asuma la dirección de los trabajos que se ejecutan como delegado suyo ante la Administración, a todos los efectos, durante la ejecución de las obras y período de garantía.

El delegado del Contratista tendrá una titulación técnica con experiencia profesional suficiente para el cumplimiento de su misión. Deberá residir en población próxima a la zona en que se desarrollan los trabajos y no podrá ser sustituido sin previo conocimiento de la Administración.

3.1.5. Disposiciones aplicables

Además de lo especificado en el presente pliego, serán de obligado cumplimiento, en lo que no se contradigan, las siguientes disposiciones generales:

- Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, de la Consejería de Obras Públicas y Transporte de la Junta de Andalucía.
- Instrucción de Hormigón estructural EHE, aprobada por RD 2661/98, de 11 de diciembre.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de Cementos (Instrucción RC-03, RD 1797/2003).
- Pliego General de Condiciones para la recepción de Ladrillos Cerámicos en las obras de construcción (RL-88).
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones, del Ministerio de Fomento.
- Normas UNE y DIN aplicables, de aplicación en el Ministerio de Obras Públicas.
- Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales.

- RD 1627/97, donde se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- RD 485/97, donde se establecen las Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- RD 773/97, donde se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- RD 1215/97, donde se establecen las Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Ley 7/94 de Protección Ambiental.

En general, cuantas prescripciones figuren en las Normas, Instrucciones o Reglamentos oficiales que guarden relación con las obras del presente proyecto, con sus instalaciones complementarias o con los trabajos necesarios para realizarlas.

En caso de discrepancia entre las normas anteriores, y salvo manifestación expresa en contrario, se entenderá que es válida la prescripción más restrictiva.

3.1.6. Comienzo de las obras

Las obras objeto del presente proyecto, se iniciarán al día siguiente de la fecha del Acta de Replanteo, empezando a contar el plazo a partir de dicha fecha.

En el período comprendido entre la adjudicación definitiva y la de replanteo de las obras, el Contratista podrá, bajo su responsabilidad, proceder a la organización general de las mismas, gestión de suministros de materiales y medios auxiliares necesarios y, en general, a todos los trámites previos necesarios para que una vez comenzada la obra, no se vea interrumpida por obstáculos derivados de una deficiente programación.

3.1.7. Programa de trabajo

Se ajustará según lo dispuesto en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

3.2.1. Decantador primario

El diámetro interior del decantador es de 5.7 m y la altura en las paredes laterales es de 3.00 m. El espesor de las paredes es de 0.25 m, mientras que el de la solera es de 30 cm. El hormigón utilizado es H-250 y acero corrugado AEH - 400N.

3.2.2. Tanque de biodiscos

El tanque tiene 6.00 m de longitud, 10.8 m de anchura y 1.50 m de profundidad. El espesor de las paredes es de 30 cm y el de la solera es de 35 cm. Se ha utilizado hormigón H-250.

3.2.3. Decantador secundario

El diámetro interior del decantador es de 5.3 m y la altura en las paredes laterales es de 2.95 m. El espesor de las paredes es de 0.25 m, mientras que el de la solera es de 30 cm. El hormigón utilizado es H-250 y acero corrugado AEH - 400N.

3.2.4. Espesador de gravedad

El diámetro del espesador es de 4.60 m y la altura en las paredes laterales es de 3.00 m. El espesor de las paredes es de 0.25 m, mientras que el de la solera es de 30 cm. El hormigón utilizado es H-250 y acero corrugado AEH - 400N. Cuenta además con un pozo de bombas de planta cuadrada de lado 1.50 m y altura 2.15 m siendo los espesores de las paredes, de 0.25 m y en solera 0.30 m, todo ello en hormigón H-250 y acero corrugado AEH - 400N.

3.2.5. Digestor aeróbico

Se trata de un depósito cuadrado de 9.00 m de lado y 2.50 m de altura, sobre el cuál discurre una pasarela. El espesor de la pared es de 0.3 m y el de la solera es 35 cm.

3.2.6. Bombeo de sobrenadantes

La cámara de bombeo tiene planta cuadrada de 2.00 m de lado y altura 2.80 m. El espesor de las paredes es de 0.30 m y el de la solera 0.35 m, ejecutada en hormigón H-250. El equipo está formado por dos bombas de potencia total 0.50 CV.

3.3. CONSIDERACIONES SOBRE LOS MATERIALES

3.3.1. Procedencias

Cada uno de los materiales cumplirá las condiciones que se especifiquen en los apartados siguientes, que habrán de comprobarse siempre, mediante los ensayos correspondientes. La puesta en obra de cualquier material no atenuará en modo alguno el cumplimiento de las especificaciones.

Además, todos y cada uno de los materiales empleados serán conformes a la normativa al respecto que este vigente para ese material.

El Contratista propondrá los lugares de procedencia, fábricas o marcas de los materiales, que habrán de ser homologados por el Propietario y aprobados por la Dirección Facultativa y por el Propietario previamente a su utilización.

3.3.2. Ensayos

En todos los casos en que la Dirección Facultativa lo estime necesario, se verificarán pruebas o ensayos de los materiales, previamente a la aprobación a que se refiere el apartado anterior. Una vez fijada la procedencia de los materiales, su calidad se comprobará mediante ensayos, cuyo tipo y frecuencia se especifica en los apartados

correspondientes y podrán variarse por la Dirección Facultativa si lo juzga necesario, quien en su caso, designará también el Laboratorio en el que se realizarán los ensayos.

Se utilizarán para los ensayos las normas que se fijan en los siguientes artículos de éste capítulo. Con carácter general, estas normas serán:

- Normas del Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo, del Centro de Estudios y Experimentación del M.O.P.
- Métodos de Ensayo recogidos en la Instrucción EHE (RD 2661/98).
- Normas del Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo.
- Normas de la “American Society for Testing of Materials”
- P.P.T. de Recepción de Tuberías de Saneamiento.

Por lo que se refiere a los ensayos de instalaciones mecánicas y eléctricas, se harán según Normas Nacionales o Internacionales, de acuerdo con la Dirección Facultativa.

En el caso de que el Contratista no estuviera conforme con el resultado de alguno de los ensayos realizados se someterá la cuestión al Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, cuyo dictamen será de aceptación obligada para ambas partes, corriendo los gastos de ensayo en este caso, por cuenta del Contratista.

3.3.3. Transporte y acopio

El transporte de los materiales hasta los lugares de acopio o de empleo, se efectuará en vehículos adecuados para cada clase de material, que estarán provistos de los elementos que se precisen para evitar cualquier alteración perjudicial del material transportado y su posible vertido sobre las rutas empleadas.

Los materiales se almacenarán de modo que se asegure la conservación de sus características y aptitudes para su empleo en obra y facilite su inspección. La Dirección Facultativa podrá ordenar si lo considera oportuno, el uso de plataformas adecuadas, cobertizos o edificios provisionales para la protección de aquellos materiales que lo requieran.

3.3.4. Materiales

1. Conglomerantes.

Definición: Se denomina cemento o conglomerantes hidráulicos a aquellos productos que, amasados con agua, fraguan y endurecen sumergidos en este líquido y son prácticamente estables en contacto con él.

Condiciones generales: El cemento deberá cumplir las condiciones exigidas por el Pliego de Condiciones para la Recepción de Conglomerantes Hidráulicos en las Obras de Carácter oficial (P.R.C.H.) vigente.

Las distintas clases de cemento son las especificadas en el P.R.C.H. ya referido.

Almacenamiento y ensilado: El cemento se almacenará en lugares cerrados y libres de humedad en su interior. Los sacos o envases de papel serán cuidadosamente apilados sobre planchas de tableros de madera separados del suelo mediante rastreles de tablón o perfiles metálicos. Las pilas de sacos deberán quedar suficientemente separadas de las paredes para permitir el paso de personas. El Contratista deberá tomar las medidas necesarias para que las partidas de cemento sean empleadas en el orden de llegada. Así mismo el Contratista está obligado a separar y mantener separadas las partidas de cemento que sean de calidad anormal.

Aguas para amasado: Cumplirán lo descrito para las mismas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE vigente.

Como norma general podrán ser utilizadas tanto como para el amasado como para el curado de lechadas, morteros y hormigones, todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica; es decir, las que no produzcan o hayan producido en ocasiones anteriores eflorescencias, agrietamientos, corrosiones o perturbaciones en el fraguado y endurecimiento de las masas.

Aditivos para los conglomerantes: Se considerará como aditivo cualquier sustancia que, incorporada antes o durante el amasado y en proporción no superior al 5 por 100 del peso del conglomerante, se incorpora al mismo con el fin de modificar algunas de sus características o comportamientos habituales.

En modo alguno pretenderán compensar deficiencias en las características o comportamiento del conglomerante, ni perturbará excesivamente las características a cuya modificación no vaya destinado.

La utilización de cualquier aditivo ha de ser autorizada expresamente por la Dirección Facultativa una vez aportada por el Contratista su composición en sustancias activas e inertes, las garantías del fabricante y se hayan realizado los ensayos necesarios.

2. Áridos para morteros y hormigones.

Definición y condiciones generales: Los áridos que se empleen en la fabricación de morteros y hormigones deberán cumplir con carácter general las condiciones señaladas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE, y habrán de proceder de graveras o yacimientos naturales próximos al lugar de las obras.

Sus características mecánicas y peso específico serán las adecuadas para conseguir en el hormigón las resistencias y las densidades mínimas exigibles por el presente P.P.T. o en su defecto por la Instrucción EHE. Estarán exentos de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los “álcalis” del cemento y con las armaduras.

3. Prefabricados de hormigón.

Definición: Se definen como piezas prefabricadas de hormigón aquellos elementos constructivos de hormigón que se colocan o montan una vez fraguados. Incluye, entre otros, vigas, tubos y conductos de hormigón armado o pretensado, colectores de desagüe, bordillos, arquetas, drenajes y cualesquiera otros elementos que hayan sido proyectados como prefabricados o cuya prefabricación haya sido propuesta por el Contratista y aceptada por la Dirección Facultativa.

Características geométricas y mecánicas: Los elementos prefabricados se ajustarán totalmente a la forma, dimensiones y características mecánicas especificadas en los planos y en el P.P.T.

Materiales: Los materiales empleados en la fabricación deberán cumplir las condiciones establecidas en el presente P.P.T. para los materiales básicos.

Control y pruebas: La Dirección Facultativa efectuará los ensayos que considere necesarios para comprobar que los elementos prefabricados de hormigón cumplen las características exigidas. Las piezas deterioradas en los ensayos de carácter destructivo por no haber alcanzado las características previstas, serán de cuenta del Contratista.

4. Tierras para relleno de zanjas.

El material de relleno de las zanjas para las conducciones será suelo seleccionado según clasificación del PG-3 (Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes). Podrá ser el mismo producto de la excavación, siempre que cumpla las características exigidas, y no contenga piedras o terrones de tamaño máximo superior a diez (10) centímetros, fangos, raíces, tierras yesosas, o contenido apreciable de materia orgánica, o cualquier otro elemento que a juicio de la Dirección Facultativa, pueda atacar a los materiales de dichas conducciones.

Cuando el material procedente de las excavaciones no fuera adecuado, se tomarán materiales de préstamos propuestos por el Contratista y aprobados por la Dirección Facultativa.

5. Tuberías de PVC.

Este material será empleado en todas las conducciones. Sus características serán las siguientes:

- Serán elaborados a partir de resina de cloruro de polivinilo pura, obtenida por el proceso de suspensión y mezcla posterior extensionada.

- Los tubos para saneamiento serán de tipo perfil nervado macizo, rigidez circunferencial SN 8, con junta elástica, según normas DIN y UNE. Los tubos para instalaciones eléctricas serán de perfil corrugado simple, con junta elástica según normas DIN y UNE, igualmente. Y por último, el resto de los tubos serán lisos, de sección circular con copa, unión por junta de goma labiada.

- Cumplirán las condiciones técnicas y de suministro según las normas DIN y UNE.

La normativa aplicable será el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento del Ministerio de Fomento – UNE 88203, 53112, 53131.

6. Tuberías de Polietileno.

Dichas tuberías serán empleadas en la construcción del emisor submarino. Tuberías de polietileno de alta densidad, de 800 mm de diámetro, para presión de 6 atmósferas.

7. Materiales no incluidos en el presente pliego.

Los materiales no incluidos en el presente pliego, serán de reconocida calidad, debiendo presentar el Contratista para recabar la aprobación de la Dirección Facultativa, cuantos catálogos, muestras, informes y certificados de los correspondientes fabricantes, estime necesarios. Si la información no se considera suficiente, podrán exigirse los ensayos oportunos de los materiales a utilizar.

La Dirección Facultativa podrá rechazar aquellos materiales que no reúnan, a su juicio, la calidad y condiciones necesarias para el fin a que han de ser destinados, e igualmente, podrá señalar al Contratista un plazo breve para que retire de los terrenos de la obra los materiales desechados. En caso de incumplimiento de esta orden, procederá a retirarlos por cuenta del Contratista.

Así mismo, se podrán rechazar los materiales, elementos, instalaciones o cualquier otro componente, que no haya sido aceptado previamente por el Propietario.

Igualmente, la Dirección Facultativa podrá rechazar aquellos materiales que aunque de calidad aceptable, puedan presentar problemas de disponibilidad para el caso de una eventual sustitución, con el objeto de impedir un incremento innecesario en el depósito de repuestos.

CAPÍTULO IV: PRESUPUESTOS

APLICACION DE TECNOLOGIA DE BIODISCOS UNA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Presupuesto

| Código | Nat | Ud | Resumen | CanPres | PrPres | ImpPres |
|-------------|----------|----|---|----------|-----------|-----------|
| 01 | Capítulo | | TRABAJOS PREVIOS | 1 | 1.110,00 | 1.110,00 |
| 01.01 | Partida | m2 | DESBROCE DE MONTE BAJO Desbroce y limpieza superficial de terreno de monte bajo, incluyendo arbustos, por medios mecánicos hasta una profundidad de 15 cm., con carga y transporte de la tierra vegetal y de los productos resultantes a vertedero o lugar de empleo. | 1.500,00 | 0,74 | 1.110,00 |
| | | | 01 | 1 | 1.110,00 | 1.110,00 |
| 02 | Capítulo | | DECANTADOR PRIMARIO | 1 | 48.657,85 | 48.657,85 |
| 02.01. | Capítulo | | ESTACIÓN DE BOMBEO | 1,00 | 22.858,82 | 22.858,82 |
| 02.01.01 | Capítulo | | INSTALACIÓN | 1,00 | 22.858,82 | 22.858,82 |
| 02.01.01.01 | Partida | ud | VALVULA DE COMPUERTA DN 160 mm Válvula de compuerta de asiento elástico DN 160 mm, con cuerpo y clapeta en fundición nodular, eje de acero inoxidable y volante de fundición. | 2,00 | 461,06 | 922,12 |
| 02.01.01.02 | Partida | ud | CONEXIÓN DESCARGA DN 160 mm Conexión de descarga para acoplamiento automático de las bombas, con salida acodada a tubería DN 160 mm, incluso espárragos de anclaje y soportes superiores de tubo guía. | 1,00 | 511,18 | 511,18 |
| 02.01.01.03 | Partida | ud | REGULADOR DE NIVEL Regulador de nivel | 1,00 | 74,16 | 74,16 |
| 02.01.01.04 | Partida | ud | BOMBA SUM. 16 l/sg, 6,7 m.c.a. Suministro e instalación de bomba sumergible para aguas residuales, capaz de elevar 16 l/sg a una altura de 6,7 m.c.a., con motor eléctrico trifásico de 15 kw a 1.450 r.p.m. 400 V y 50 Hz. Con protección térmica por sensores en el estator, protección de estanqueidad con sonda en la cámara de aceite y sistema de refrigeración por libre circulación del medio. El alojamiento del motor en fundición gris GG 25, eje de acero inoxidable AISI 420, difusor en fundición gris GG 25, tornillería en acero inoxidable AISI 316, impulsor tipo monocanal cerrado con anillo de desgaste, en fundición gris GG 25 y junta mecánica en carburo de silicio. Incluso tubos guía en acero inoxidable AISI 316, 2" de diámetro y cadena de izado de 6 mm en el mismo material. | 2,00 | 3.780,50 | 7.561,00 |
| 02.01.01.05 | Partida | ud | TRAMPILLA ACCESO 1500x800 Trampilla de acceso a bomba enchapa de acero estriada y galvanizada en caliente, estanca a los clores, de 1.500x800 mm exteriores, totalmente colocada. | 1,00 | 459,95 | 459,95 |
| 02.01.01.06 | Partida | ud | VALVULA DE RETENCIÓN DN 160 mm Válvula de retención a bola DN 160 mm, PN 10, embridada, con cuerpo de fundición GG 25. Instalada y probada. | 2,00 | 840,82 | 1.681,64 |

| | | | | | | |
|-------------|----------|----|--|--------|-----------|-----------|
| 02.01.01.07 | Partida | ud | CUADRO C. Y P. BOMBEO RESIDUALES Cuadro general de protección y control de tres bombas sumergibles de residuales de 11 Kw, con arrancadores estáticos, contactores, medida y control para funcionamiento en manual o automático, incluso material auxiliar montaje y accesorios. | 1,00 | 11.295,79 | 11.295,79 |
| 02.01.01.08 | Partida | ud | TRAMPILLA ACCESO 700x700 Trampilla de acceso a bomba enchapa de acero estriada y galvanizada en caliente, estanca a los colores, de 700x700 mm exteriores, totalmente colocada. | 1,00 | 352,98 | 352,98 |
| | | | 02.01.01 | 1,00 | 22.858,82 | 22.858,82 |
| | | | 02.01. | 1,00 | 22.858,82 | 22.858,82 |
| 02.02. | Capítulo | | OBRA CIVIL | 1,00 | 25.799,03 | 25.799,03 |
| 02.02.01 | Partida | m3 | EXCAVACION MECANICA EN TERRENO DURO Excavación mecánica en terreno de duro, incluso carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo. | 359,20 | 7,44 | 2.672,45 |
| 02.02.02 | Partida | m3 | HORMIGON DE LIMPIEZA H-200/P/40 Hormigón en masa H-200/P/40 kg/cm2, con tamaño máximo del árido de 40 mm, elaborado en obra para limpieza y nivelado fondos cimentación, incluso vertido por medios manuales, vertido y colocación | 3,85 | 112,35 | 432,55 |
| 02.02.03 | Partida | m2 | ENCOFRADO MADERA DOS CARAS Encofrado y desencofrado a dos caras, en muros con paneles metálicos modulares hasta 6 m. de altura considerando 20 posturas. Según NTE. | 82,80 | 38,36 | 3.176,21 |
| 02.02.04 | Partida | m3 | HORMIGÓN ARMADO HA-30/P/40//Ia LOSAS CIMENTACIÓN Hormigón armado HA-30 N/mm2. consistencia plástica, Tmáx. 20 mm., para ambiente normal, elaborado en central en losas de cimentación, incluso armadura (50 kg/m3.), vertido con grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-CSL, EME y EHE. | 10,28 | 125,69 | 1.292,09 |
| 02.02.05 | Partida | m3 | HORMIGON ARMADO HA-30/P/20//Ia MUROS Hormigón armado HA-30 N/mm2. consistencia plástica, Tmáx. 20 mm., para ambiente normal, elaborado en central en muros, incluso armadura (60 kg/m3.), vertido con grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-CSL, EME y EHE. | 17,00 | 125,69 | 2.136,73 |
| 02.01.02.05 | Partida | m3 | RELLENO LOC.TRASDÓS MUROS EXCAV. Relleno localizado en trasdós de muros con productos de la excavación, extendido, humectación y compactación en capas de 30 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado. | 242,00 | 4,50 | 1.089,00 |

| | | | | | | |
|-----------|----------|----|--|--------|------------|------------|
| 02.02.07 | Partida | m3 | MECANISMO DECANTADOR PRIMARIO Instalación en tanque de hormigón de planta circular, lipo rasquetas curvas, de diámetro 5.3 m, incluso campana deflectora, vertedero y demás accesorios. | 1,00 | 15.000,00 | 15.000,00 |
| | | | 02.02. | 1,00 | 25.799,03 | 25.799,03 |
| | | | 02 | 1 | 48.657,85 | 48.657,85 |
| 03 | Capítulo | | CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATIVOS | 1 | 157.737,68 | 157.737,68 |
| 03.01. | Capítulo | | OBRA CIVIL | 1,00 | 157.737,68 | 157.737,68 |
| 03.01.01. | Partida | m3 | EXCAVACION MECANICA EN TERRENO DURO Excavación mecánica en terreno de duro, incluso carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo. | 200,00 | 7,44 | 1.488,00 |
| 03.01.02. | Partida | m3 | HORMIGON DE LIMPIEZA H-200/P/40 Hormigón en masa H-200/P/40 kg/cm2, con tamaño máximo del árido de 40 mm, elaborado en obra para limpieza y nivelado fondos cimentación, incluso vertido por medios manuales, vertido y colocación | 7,60 | 112,35 | 853,86 |
| 03.01.03. | Partida | m2 | ENCOFRADO MADERA DOS CARAS Encofrado y desencofrado a dos caras, en muros con paneles metálicos modulares hasta 6 m. de altura considerando 20 posturas. Según NTE. | 70,00 | 38,36 | 2.685,20 |
| 03.01.04. | Partida | m3 | HORMIGÓN ARMADO HA-30/P/40//Ia LOSAS CIMENTACIÓN Hormigón armado HA-30 N/mm2. consistencia plástica, Tmáx. 20 mm., para ambiente normal, elaborado en central en losas de cimentación, incluso armadura (50 kg/m3.), vertido con grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-CSL, EME y EHE. | 24,47 | 125,69 | 3.075,63 |
| 03.01.05. | Partida | m3 | HORMIGON ARMADO HA-30/P/20//Ia MUROS Hormigón armado HA-30 N/mm2. consistencia plástica, Tmáx. 20 mm., para ambiente normal, elaborado en central en muros, incluso armadura (60 kg/m3.), vertido con grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-CSL, EME y EHE. | 15,62 | 125,69 | 1.963,28 |
| 03.01.06. | Partida | m3 | RELLENO LOC.TRASDÓS MUROS EXCAV. | 74,13 | 4,50 | 333,59 |

Relleno localizado en trasdós de muros con productos de la excavación, extendido, humectación y compactación en capas de 30 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.

| | | | | | | |
|--------------|----------|----|--|------|------------|------------|
| 03.01.07. | Partida | ud | CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATIVOS Contactores Biológicos Rotativos modelo B-240-60-1 | 4,00 | 26.857,73 | 107.430,92 |
| 03.01.08. | Partida | ud | CUBIERTA CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATIVOS | 4,00 | 9.976,80 | 39.907,20 |
| | | | 03.01. | 1,00 | 157.737,68 | 157.737,68 |
| | | | 03 | 1 | 157.737,68 | 157.737,68 |
| 04 | Capítulo | | DECANTADOR SECUNDARIO | 1 | 50.147,98 | 50.147,98 |
| 04.01. | Capítulo | | ESTACION DE BOMBEO | 1,00 | 22.858,82 | 22.858,82 |
| 04.01.01. | Capítulo | | INSTALACION | 1,00 | 22.858,82 | 22.858,82 |
| 04.01.01.01. | Partida | ud | VALVULA DE COMPUERTA DN 160 mm Válvula de compuerta de asiento elástico DN 160 mm, con cuerpo y clapeta en fundición nodular, eje de acero inoxidable y volante de fundición. | 2,00 | 461,06 | 922,12 |
| 04.01.01.02. | Partida | ud | CONEXIÓN DESCARGA DN 160 mm Conexión de descarga para acoplamiento automático de las bombas, con salida acodada a tubería DN 160 mm, incluso espárragos de anclaje y soportes superiores de tubo guía. | 1,00 | 511,18 | 511,18 |
| 04.01.01.03 | Partida | ud | REGULADOR DE NIVEL Regulador de nivel | 1,00 | 74,16 | 74,16 |
| 04.01.01.04. | Partida | ud | BOMBA SUM. 16 l/sg, 6,7 m.c.a. Suministro e instalación de bomba sumergible para aguas residuales, capaz de elevar 16 l/sg a una altura de 6,7 m.c.a., con motor eléctrico trifásico de 15 kw a 1.450 r.p.m. 400 V y 50 Hz. Con protección térmica por sensores en el estator, protección de estanqueidad con sonda en la cámara de aceite y sistema de refrigeración por libre circulación del medio. El alojamiento del motor en fundición gris GG 25, eje de acero inoxidable AISI 420, difusor en fundición gris GG 25, tornillería en acero inoxidable AISI 316, impulsor tipo monocanal cerrado con anillo de desgaste, en fundición gris GG 25 y junta mecánica en carburo de silicio. Incluso tubos guía en acero inoxidable AISI 316, 2" de diámetro y cadena de izado de 6 mm en el mismo material. | 2,00 | 3.780,50 | 7.561,00 |
| 04.01.01.05. | Partida | ud | TRAMPILLA ACCESO 1500x800 | 1,00 | 459,95 | 459,95 |

| | | | | | | | | | |
|--------------|----------|----|---|--------|-----------|---|--|--|--|
| | | | | | | Trampilla de acceso a bomba enchapa de acero estriada y galvanizada en caliente, estanca a los olores, de 1.500x800 mm exteriores, totalmente colocada. | | | |
| 04.01.01.06. | Partida | ud | VALVULA DE RETENCIÓN DN 160 mm | 2,00 | 840,82 | 1.681,64 | | | |
| | | | Válvula de retención a bola DN 160 mm, PN 10, embreadada, con cuerpo de fundición GG 25. Instalada y probada. | | | | | | |
| 04.01.01.07. | Partida | ud | CUADRO C. Y P. BOMBEO RESIDUALES | 1,00 | 11.295,79 | 11.295,79 | | | |
| | | | Cuadro general de protección y control de tres bombas sumergibles de residuales de 11 Kw, con arrancadores estáticos, contactores, medida y control para funcionamiento en manual o automático, incluso material auxiliar montaje y accesorios. | | | | | | |
| 04.01.01.08. | Partida | ud | TRAMPILLA ACCESO 700x700 | 1,00 | 352,98 | 352,98 | | | |
| | | | Trampilla de acceso a bomba enchapa de acero estriada y galvanizada en caliente, estanca a los olores, de 700x700 mm exteriores, totalmente colocada. | | | | | | |
| | | | 04.01.01. | 1,00 | 22.858,82 | 22.858,82 | | | |
| | | | 04.01. | 1,00 | 22.858,82 | 22.858,82 | | | |
| 04.02. | Capítulo | | OBRA CIVIL | 1,00 | 27.289,16 | 27.289,16 | | | |
| 04.02.01. | Partida | m3 | EXCAVACION MECANICA EN TERRENO DURO | 441,00 | 7,44 | 3.281,04 | | | |
| | | | Excavación mecánica en terreno de duro, incluso carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo. | | | | | | |
| 04.02.02. | Partida | m3 | HORMIGON DE LIMPIEZA H-200/P/40 | 3,63 | 112,35 | 407,83 | | | |
| | | | Hormigón en masa H-200/P/40 kg/cm2, con tamaño máximo del árido de 40 mm, elaborado en obra para limpieza y nivelado fondos cimentación, incluso vertido por medios manuales, vertido y colocación | | | | | | |
| 04.02.03. | Partida | m2 | ENCOFRADO MADERA DOS CARAS | 88,25 | 38,36 | 3.385,27 | | | |
| | | | Encofrado y desencofrado a dos caras, en muros con paneles metálicos modulares hasta 6 m. de altura considerando 20 posturas. Según NTE. | | | | | | |
| 04.02.04. | Partida | m3 | HORMIGÓN ARMADO HA-30/P/40/IIa LOSAS CIMENTACIÓN | 9,50 | 125,69 | 1.194,06 | | | |

Hormigón armado HA-30 N/mm2. consistencia plástica, Tmáx. 20 mm., para ambiente normal, elaborado en central en losas de cimentación, incluso armadura (50 kg/m3.), vertido con grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-CSL, EME y EHE.

| | | | | | | |
|------------------|-----------------|----|---|--------|-----------|-----------|
| 04.02.05. | Partida | m3 | HORMIGON ARMADO HA-30/P/20/IIa MUROS Hormigón armado HA-30 N/mm2. consistencia plástica, Tmáx. 20 mm., para ambiente normal, elaborado en central en muros, incluso armadura (60 kg/m3.), vertido con grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-CSL, EME y EHE. | 18,20 | 125,69 | 2.287,56 |
| 04.02.06. | Partida | m3 | RELLENO LOC.TRASDÓS MUROS EXCAV. Relleno localizado en trasdós de muros con productos de la excavación, extendido, humectación y compactación en capas de 30 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado. | 321,00 | 5,40 | 1.733,40 |
| 04.02.07. | Partida | | MECANISMO DECANTADOR SECUNDARIO Instalación en tanque de hormigón de planta circular, tipo rasquetas curvas, de diámetro 5.3 m, incluso campana deflectora, vertedero y demás accesorios. | 1,00 | 15.000,00 | 15.000,00 |
| | | | 04.02. | 1,00 | 27.289,16 | 27.289,16 |
| | | | 04 | 1 | 50.147,98 | 50.147,98 |
| 05 | Capítulo | | ESPESADOR DE FANGOS | 1 | 47.647,00 | 47.647,00 |
| 05.01. | Capítulo | | ESTACION DE BOMBEO | 1,00 | 22.397,76 | 22.397,76 |
| 05.01.01. | Capítulo | | INSTALACION | 1,00 | 22.397,76 | 22.397,76 |
| 05.01.01.01. | Partida | ud | VALVULA DE COMPUERTA DN 160 mm Válvula de compuerta de asiento elástico DN 160 mm, con cuerpo y clapeta en fundición nodular, eje de acero inoxidable y volante de fundición. | 1,00 | 461,06 | 461,06 |
| 05.01.01.02. | Partida | ud | CONEXIÓN DESCARGA DN 160 mm Conexión de descarga para acoplamiento automático de las bombas, con salida acodada a tubería DN 160 mm, incluso espárragos de anclaje y soportes superiores de tubo guía. | 1,00 | 511,18 | 511,18 |
| 05.01.01.03. | Partida | ud | REGULADOR DE NIVEL Regulador de nivel | 1,00 | 74,16 | 74,16 |
| 05.01.01.04. | Partida | ud | BOMBA SUM. 16 l/sg, 6,7 m.c.a. | 2,00 | 3.780,50 | 7.561,00 |

Suministro e instalación de bomba sumergible para aguas residuales, capaz de elevar 16 l/sg a una altura de 6,7 m.c.a., con motor eléctrico trifásico de 15 kw a 1.450 r.p.m. 400 V y 50 Hz. Con protección térmica por sensores en el estator, protección de estanqueidad con sonda en la cámara de aceite y sistema de refrigeración por libre circulación del medio. El alojamiento del motor en fundición gris GG 25, eje de acero inoxidable AISI 420, difusor en fundición gris GG 25, tornillería en acero inoxidable AISI 316, impulsor tipo monocanal cerrado con anillo de desgaste, en fundición gris GG 25 y junta mecánica en carburo de silicio. Incluso tubos guía en acero inoxidable AISI 316, 2" de diámetro y cadena de izado de 6 mm en el mismo material.

| | | | | | | |
|--------------|----------|----|---|--------|-----------|-----------|
| 05.01.01.05. | Partida | ud | TRAMPILLA ACCESO 1500x800 Trampilla de acceso a bomba enchapa de acero estriada y galvanizada en caliente, estanca a los olores, de 1.500x800 mm exteriores, totalmente colocada. | 1,00 | 459,95 | 459,95 |
| 05.01.01.06. | Partida | ud | VALVULA DE RETENCIÓN DN 160 mm Válvula de retención a bola DN 160 mm, PN 10, embridada, con cuerpo de fundición GG 25. Instalada y probada. | 2,00 | 840,82 | 1.681,64 |
| 05.01.01.07. | Partida | ud | CUADRO C. Y P. BOMBEO RESIDUALES Cuadro general de protección y control de tres bombas sumergibles de residuales de 11 Kw, con arrancadores estáticos, contactores, medida y control para funcionamiento en manual o automático, incluso material auxiliar montaje y accesorios. | 1,00 | 11.295,79 | 11.295,79 |
| 05.01.01.08. | Partida | ud | TRAMPILLA ACCESO 700x700 Trampilla de acceso a bomba enchapa de acero estriada y galvanizada en caliente, estanca a los olores, de 700x700 mm exteriores, totalmente colocada. | 1,00 | 352,98 | 352,98 |
| | | | 05.01.01. | 1,00 | 22.397,76 | 22.397,76 |
| | | | 05.01. | 1,00 | 22.397,76 | 22.397,76 |
| 05.02. | Capítulo | | OBRA CIVIL | 1,00 | 25.249,24 | 25.249,24 |
| 05.02.01. | Partida | m3 | EXCAVACION MECANICA EN TERRENO DURO Excavación mecánica en terreno de duro, incluso carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo. | 226,20 | 7,44 | 1.682,93 |

| | | | | | | |
|--------------|----------|----|---|--------|-----------|-----------|
| 05.02.02. | Partida | m3 | HORMIGON DE LIMPIEZA H-200/P/40 Hormigón en masa H-200/P/40 kg/cm2, con tamaño máximo del árido de 40 mm, elaborado en obra para limpieza y nivelado fondos cimentación, incluso vertido por medios manuales, vertido y colocación | 2,83 | 112,35 | 317,95 |
| 05.02.03. | Partida | m2 | ENCOFRADO MADERA DOS CARAS Encofrado y desencofrado a dos caras, en muros con paneles metálicos modulares hasta 6 m. de altura considerando 20 posturas. Según NTE. | 65,80 | 38,36 | 2.524,09 |
| 05.02.04. | Partida | m3 | HORMIGÓN ARMADO HA-30/P/40//IIa LOSAS CIMENTACIÓN Hormigón armado HA-30 N/mm2. consistencia plástica, Tmáx. 20 mm., para ambiente normal, elaborado en central en losas de cimentación, incluso armadura (50 kg/m3.), vertido con grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-CSL, EME y EHE. | 7,10 | 125,69 | 892,40 |
| 05.02.05. | Partida | m3 | HORMIGON ARMADO HA-30/P/20//IIa MUROS Hormigón armado HA-30 N/mm2. consistencia plástica, Tmáx. 20 mm., para ambiente normal, elaborado en central en muros, incluso armadura (60 kg/m3.), vertido con grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-CSL, EME y EHE. | 14,30 | 125,69 | 1.797,37 |
| 05.02.06. | Partida | m3 | RELLENO LOC.TRASDÓS MUROS EXCAV. Relleno localizado en trasdós de muros con productos de la excavación, extendido, humectación y compactación en capas de 30 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado. | 141,00 | 4,50 | 634,50 |
| 05.02.07. | Partida | | MECANISMO ESPESADOR | 1,00 | 17.400,00 | 17.400,00 |
| | | | 05.02. | 1,00 | 25.249,24 | 25.249,24 |
| | | | 05 | 1 | 47.647,00 | 47.647,00 |
| 06 | Capítulo | | DIGESTOR DE FANGOS | 1 | 72.706,87 | 72.706,87 |
| 06.01. | Capítulo | | ESTACION DE BOMBEO | 1,00 | 22.858,82 | 22.858,82 |
| 06.01.01. | Capítulo | | INSTALACION | 1,00 | 22.858,82 | 22.858,82 |
| 06.01.01.01. | Partida | ud | VALVULA DE COMPUERTA DN 160 mm Válvula de compuerta de asiento elástico DN 160 mm, con cuerpo y clapeta en fundición nodular, eje de acero inoxidable y volante de fundición. | 2,00 | 461,06 | 922,12 |
| 06.01.01.02. | Partida | ud | CONEXIÓN DESCARGA DN 160 mm | 1,00 | 511,18 | 511,18 |

Conexión de descarga para acoplamiento automático de las bombas, con salida acodada a tubería DN 160 mm, incluso espárragos de anclaje y soportes superiores de tubo guía.

| | | | | | | |
|--------------|---------|----|--|------|-----------|-----------|
| 06.01.01.03. | Partida | ud | REGULADOR DE NIVEL Regulador de nivel | 1,00 | 74,16 | 74,16 |
| 06.01.01.04. | Partida | ud | BOMBA SUM. 16 l/sg, 6,7 m.c.a. Suministro e instalación de bomba sumergible para aguas residuales, capaz de elevar 16 l/sg a una altura de 6,7 m.c.a., con motor eléctrico trifásico de 15 kw a 1.450 r.p.m. 400 V y 50 Hz. Con protección térmica por sensores en el estator, protección de estanqueidad con sonda en la cámara de aceite y sistema de refrigeración por libre circulación del medio. El alojamiento del motor en fundición gris GG 25, eje de acero inoxidable AISI 420, difusor en fundición gris GG 25, tornillería en acero inoxidable AISI 316, impulsor tipo monocanal cerrado con anillo de desgaste, en fundición gris GG 25 y junta mecánica en carburo de silicio. Incluso tubos guía en acero inoxidable AISI 316, 2" de diámetro y cadena de izado de 6 mm en el mismo material. | 2,00 | 3.780,50 | 7.561,00 |
| 06.01.01.05. | Partida | ud | TRAMPILLA ACCESO 1500x800 Trampilla de acceso a bomba enchapa de acero estriada y galvanizada en caliente, estanca a los olores, de 1.500x800 mm exteriores, totalmente colocada. | 1,00 | 459,95 | 459,95 |
| 06.01.01.06. | Partida | ud | VALVULA DE RETENCIÓN DN 160 mm Válvula de retención a boja DN 160 mm, PN 10, embridada, con cuerpo de fundición GG 25. Instalada y probada. | 2,00 | 840,82 | 1.681,64 |
| 06.01.01.07. | Partida | ud | CUADRO C. Y P. BOMBEO RESIDUALES Cuadro general de protección y control de tres bombas sumergibles de residuales de 11 Kw, con arrancadores estáticos, contactores, medida y control para funcionamiento en manual o automático, incluso material auxiliar montaje y accesorios. | 1,00 | 11.295,79 | 11.295,79 |
| 06.01.01.08. | Partida | ud | TRAMPILLA ACCESO 700x700 Trampilla de acceso a bomba enchapa de acero estriada y galvanizada en caliente, estanca a los olores, de 700x700 mm exteriores, totalmente colocada. | 1,00 | 352,98 | 352,98 |

| | | | | | | | |
|-----------|----------|----|--|--|----------|------------|------------|
| | | | 06.01.01. | | 1,00 | 22.858,82 | 22.858,82 |
| | | | 06.01. | | 1,00 | 22.858,82 | 22.858,82 |
| 06.02. | Capítulo | | OBRA CIVIL | | 1,00 | 49.848,05 | 49.848,05 |
| 06.02.01. | Partida | m3 | EXCAVACION MECANICA EN TERRENO DURO Excavación mecánica en terreno de duro, incluso carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo. | | 392,00 | 7,44 | 2.916,48 |
| 06.02.02. | Partida | m3 | HORMIGON DE LIMPIEZA H-200/P/40 Hormigón en masa H-200/P/40 kg/cm2, con tamaño máximo del árido de 40 mm, elaborado en obra para limpieza y nivelado fondos cimentación, incluso vertido por medios manuales, vertido y colocación | | 8,55 | 112,35 | 960,59 |
| 06.02.03. | Partida | m2 | ENCOFRADO MADERA DOS CARAS Encofrado y desencofrado a dos caras, en muros con paneles metálicos modulares hasta 6 m. de altura considerando 20 posturas. Según NTE. | | 102,70 | 38,36 | 3.939,57 |
| 06.02.04. | Partida | m3 | HORMIGÓN ARMADO HA-30/P/40/IIa LOSAS CIMENTACIÓN Hormigón armado HA-30 N/mm2. consistencia plástica, Tmáx. 20 mm., para ambiente normal, elaborado en central en losas de cimentación, incluso armadura (50 kg/m3.), vertido con grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-CSL, EME y EHE. | | 28,50 | 125,69 | 3.582,17 |
| 06.02.05. | Partida | m3 | HORMIGON ARMADO HA-30/P/20/IIa MUROS Hormigón armado HA-30 N/mm2. consistencia plástica, Tmáx. 20 mm., para ambiente normal, elaborado en central en muros, incluso armadura (60 kg/m3.), vertido con grúa, vibrado y colocado. Según normas NTE-CSL, EME y EHE. | | 30,20 | 125,69 | 3.795,84 |
| 06.02.06. | Partida | m3 | RELLENO LOC.TRASDÓS MUROS EXCAV. Relleno localizado en trasdós de muros con productos de la excavación, extendido, humectación y compactación en capas de 30 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado. | | 145,20 | 4,50 | 653,40 |
| 06.02.07. | Partida | | MECANISMO DIGESTOR | | 1,00 | 34.000,00 | 34.000,00 |
| | | | 06.02. | | 1,00 | 49.848,05 | 49.848,05 |
| | | | 06 | | 1 | 72.706,87 | 72.706,87 |
| 07 | Capítulo | | CONDUCCIONES | | 1 | 257.405,33 | 257.405,33 |
| 07.01. | Partida | m3 | EXC. EN ZANJA EN TERR.TRÁNS. | | 1.050,00 | 5,56 | 5.838,00 |

| | | | | | | |
|--------|----------|----|---|----------|-------------------|-------------------|
| | | | Excavación en zanja en terreno de tránsito, incluso carga y transporte de los productos de la excavación a vertedero o lugar de empleo. | | | |
| 07.02. | Partida | m3 | RELL.LOCAL.ZANJAS C/PROD.PRÉST. Relleno localizado en zanjas con productos procedentes de préstamos, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado. | 1.040,00 | 8,38 | 8.715,20 |
| 07.03. | Partida | m | CONDUC ENTERR..PVC JUN.ELÁST.PN 10 D=160 Tubería de PVC de 160 mm de diámetro nominal, unión por junta elástica, para una presión de trabajo de hasta 10 kg/cm2, colocada en zanja sobre cama de arena de río de 15 cm de espesor, c/p.p. de medios auxiliares, sin incluir excavación y posterior relleno de la zanja, colocada s/NTE-IFA-11. | 106,00 | 20,78 | 2.202,68 |
| 07.04. | Partida | m | TUBE.ENTERR.PVC J.ELA.D=100 PARA AGUAS Tubería de PVC liso, de sección circular con copa, unión por junta de goma labiada, de 100 mm. de diámetro exterior y rigidez de 8 kN/m2., colocada en zanja sobre cama de arena de río, de 10 cm. de espesor, relleno lateral y superior hasta 10 cm. por encima de la generatriz con la misma arena, con p.p. de juntas, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja y con p.p. de medios auxiliares. | 87,00 | 16,88 | 1.468,56 |
| 07.05. | Partida | m | TUBE. ENTERR. 2 PVC COARR. EXT.-LISA INTERIOR D=160 Tubería de 2 PVC de 160 mm. de diámetro ,tipo canalización eléctrica, en barras de 6 m, coarrugado exterior-liso interior, incluido cable guía, montada y ejecutada según NTE y NBE colocada en zanja sobre cama de arena de río, de 5 cm. de espesor, relleno lateral y superior hasta 10 cm. por encima de la generatriz con la misma arena, con p.p. de juntas, sin incluir la excavación ni el relleno posterior de la zanja y con p.p. de medios auxiliares y cinta de señalización.Medida la longitud ejecutada. | 150,00 | 8,24 | 1.236,00 |
| 07.06. | Partida | m | EMISARIO SUBMARINO Comprende las tuberías y accesorios complementarios que permiten el vertido de las aguas residuales pretratadas al mar. | 1,00 | 237.944,89 | 237.944,89 |
| | | | 07 | 1 | 257.405,33 | 257.405,33 |
| 08 | Capítulo | | POZO BOMBEO SOBRENADANTES | 1 | 24.188,16 | 24.188,16 |
| 08.01. | Partida | | INSTALACIÓN | 1,00 | 22.858,82 | 22.858,82 |
| 08.02. | Partida | | OBRA CIVIL | 1,00 | 1.329,34 | 1.329,34 |
| | | | 08 | 1 | 24.188,16 | 24.188,16 |
| | | | EDAR | 1 | 659.600,87 | 659.600,87 |

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

| | | |
|----|--|-----------------|
| 01 | TRABAJOS PREVIOS | 1110000.17 € |
| 02 | DECANTADOR PRIMARIO | 48657.85738 € |
| 03 | CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATIVOS | 157737.682391 € |
| 04 | DECANTADOR SECUNDARIO | 50147.98760 € |
| 05 | ESPESADOR DE FANGOS | 47647.00722 € |
| 06 | DIGESTOR DE FANGOS | 72706.871102 € |
| 07 | CONDUCCIONES | 257405.333902 € |
| 08 | POZO BOMBEO SOBRENADANTES | 24188.16367 € |

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL..... 659600.87 €

13,00% Gastos generales..... 85748.11 €

6,00% Beneficio industrial..... 39576.05 €

SUMA DE G.G. y B.I.....125324.16 €

16,00% I.V.A.....125588.00 €

TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA.....910513.03 €

TOTAL PRESUPUESTO GENERAL.....910513.03 €

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de NOVECIENTOS DIEZ MIL QUINIENTOS TRECE EUROS con TRES CÉNTIMOS de EURO

Puerto Real, a 27 de septiembre de 2006.

El promotor

La dirección facultativa

