

Universidad de **Cádiz**

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

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Modificación del proceso de pretratamiento en la E.D.A.R. "Guadalete" de Jerez de la Frontera

Autor: Francisco Javier MOZO CÁLIZ

Fecha: Junio 2005







## **Modificación del Proceso de Pretratamiento en la E.D.A.R. “Guadalete” de Jerez de la Frontera**

Desde los últimos años existe una gran preocupación por todo lo concerniente al Medio Ambiente y uno de los aspectos de mayor importancia se encuentra en la depuración del agua. En las Estaciones Depuradoras lo que se buscará será la reducción de la carga contaminante que traen las aguas hasta el mínimo posible, ya sean de origen urbano, industrial o de ambos. Con ello se va a conseguir que el vertido, tras el paso por la EDAR, produzca el menor impacto para la flora o la fauna que se encuentran en el río receptor del agua tratada y para los vecinos que se encuentran en las proximidades de la planta.

En este caso, nuestro objetivo se va a centrar en una serie de actuaciones encaminadas a que el conjunto del proceso de Depuración no se vea afectado por ciertos elementos que traen consigo las aguas a tratar y que provocarían problemas posteriores en la Depuración. Entre éstos se encuentran arenas, grasas, sólidos de gran o pequeño tamaño... que van a producir efectos tales abrasión sobre los elementos mecánicos en movimiento y aumentan el riesgo de atascamientos por acumulaciones en canales y tuberías en el caso de arenas y sólidos. Mientras que las grasas y aceites van a influir de manera negativa en la digestión: obstruye las rejillas finas que hace aumentar los gastos de conservación; forma una capa superficial en los decantadores que dificulta la sedimentación al atraer hacia la superficie pequeñas partículas de materia orgánica; dificulta la correcta aireación en la depuración por el sistema de fangos activados porque el coeficiente de transferencia disminuye al 55-70% al subir las grasas de 0 a 70 mg/l, y participar en la producción del fenómeno de "bulking"; perturba el proceso de digestión de lodos; incrementa en un 20 o 30 % la D.Q.O.

Además de las modificaciones que se van a realizar para “preparar” al agua antes de los distintos procesos posteriores que sufrirá, se va a trabajar en la eliminación de los olores contaminantes que se producirán en el proceso de

Desbaste. Éstos están provocados en su mayoría por el  $H_2S$ . El  $H_2S$  se forma durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción de sulfitos y sulfatos minerales. Su influencia aumentará a medida que los sólidos se mantengan más tiempo retenidos en rejillas, tamices y contenedores.

Los equipos destinados al Pretratamiento que son centro de nuestras actuaciones o no realizan dicha función de manera correcta o simplemente no funcionan. Por todo ello se van a realizar una serie de modificaciones en el Pretratamiento de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Jerez de la Frontera, con el objetivo de mejorar el proceso global de tratamiento:

- Construcción de un muro de hormigón en el Pozo de Gruesos con el que se va a facilitar la posterior retirada de sólidos y arenas que entran en la planta. También se instalará una cuchara bivalva nueva. Para esta modificación habrá que emplear una bomba sumergible auxiliar, ya que durante el tiempo de construcción del muro el Pozo de Gruesos quedará inactivo. La incorporación del agua al sistema se realizará mediante el bombeo del agua, con la bomba sumergible, directamente desde los canales del Colector Oeste de la E.D.A.R. a los Tornillos Arquímedes, evitando el paso por dicho pozo.
- Cambio de ubicación de los tamices de paso de sólidos de 4 mm por los de 10 mm. Además, se instalará un tamiz nuevo de 3 mm de paso. Con ellos la retención de sólidos será mejor que en la actualidad. Este trabajo se realizará en varias etapas, comprendiendo entre ellas las de la eliminación de los tamices que no funcionan y sustituirlos por los tamices de 10 mm. Se contempla, por último, la colocación del nuevo tamiz adquirido.

- Se instalarán dos prensas-transportadoras para los sólidos provenientes de rejas y tamices para reducir la cantidad de agua en los sólidos eliminados y evitar así la fermentación que produciría al no retirar la mayor parte del agua. Ésto llevaría consigo un incremento en el efecto negativo de los olores producidos.
- Sistema de extracción localizada de olores en rejas y tamices para reducir o eliminar los gases contaminantes en el proceso de Desbaste. En la actualidad existe un sistema en el que la captación se realiza mediante rejillas situadas a varios metros de altura pero, el  $H_2S$  al ser un gas más pesado que el aire, es del todo ineficaz. Por ello se va a proceder a la instalación de un sistema de extracción de gases compuesto por unos brazos extractores (que aspiran los gases del mismo lugar de donde se producen) y un ventilador-aspirador que enviará los gases a las torres de lavado para su posterior tratamiento. Se impide así la expansión de los olores por toda la sala que afectaría negativamente a trabajadores y visitantes.

Las modificaciones de las que son objeto este proyecto se han realizado según la legislación vigente y a la tecnología existente en la actualidad. En base a todo ello y a los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Química se presenta este Proyecto Fin de Carrera.

## ÍNDICE:

### TOMO I

- **DOCUMENTO Nº1: MEMORIA**

- \* **INTRODUCCIÓN**

- ANTECEDENTES
- OBJETO DEL PROYECTO
- EMPLAZAMIENTO
- DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES
- IMPACTO AMBIENTAL
- PRESUPUESTO

- \* **MEMORIA GENERAL**

- DEPURACIÓN DEL AGUA
- CARACTERIZACIÓN DEL AFLUENTE AL SISTEMA
- CARACTERÍSTICAS DEL AIRE A DESODORIZAR

- \* **MEMORIA DESCRIPTIVA**

- DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES
- DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

- \* **MEMORIA TÉCNICA**

- POZO DE GRUESOS
- DESBASTE
- SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE OLORES

\* **ANEXOS A LA MEMORIA**

- ANEXO I: PRETRATAMIENTO
- ANEXO II: CONTROL EN PLANTA
- ANEXO III: MANTENIMIENTO EN PLANTA
- ANEXO IV: SEGURIDAD EN PLANTA
- ANEXO V: INFORME AMBIENTAL
- ANEXO VI: NORMATIVA
- ANEXO VII: BIBLIOGRAFÍA

• **DOCUMENTO Nº3: PLIEGO DE CONDICIONES**

- TITULO I. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE FACULTATIVA
- TITULO II. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE ECONÓMICA
- TITULO III. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE LEGAL
- TITULO VI. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE TÉCNICA

• **DOCUMENTO Nº4: PRESUPUESTO**

- CONSIDERACIONES INICIALES
- COSTE DE LOS EQUIPOS
- COSTES DIRECTOS DE LA MODIFICACIÓN
- COSTES INDIRECTOS DE LA MODIFICACIÓN

## **TOMO II**

- **DOCUMENTO N°2: PLANOS**

- \* **PLANOS PREVIOS A LAS MODIFICACIONES**

- PRETRATAMIENTO ANTES DE LAS MODIFICACIONES
- SALA PREDESBASTE ANTES DE LAS MODIFICACIONES
- PUENTE GRÚA
- SALA DESBASTE ANTES DE LAS MODIFICACIONES

- \* **PLANOS TRAS LAS MODIFICACIONES**

- PRETRATAMIENTO DESPUÉS DE LAS MODIFICACIONES
- SALA PREDESBASTE DESPUÉS DE LAS MODIFICACIONES
- CUCHARA BIVALVA
- BOMBA SUMERGIBLE PARA SALA PREDESBASTE
- SALA DESBASTE DESPUÉS DE LAS MODIFICACIONES
- TAMIZ DE ESCALERA AUTOLIMPIENATE
- PRENSAS TRANSPORTADORAS
- SISTEMA DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA



# **DOCUMENTO N°1: MEMORIA**

# INTRODUCCIÓN

## ÍNDICE:

1. ANTECEDENTES .....	7
2. OBJETO DEL PROYECTO .....	7
3. EMPLAZAMIENTO .....	7
4. DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES .....	9
5. IMPACTO AMBIENTAL .....	10
6. PRESUPUESTO .....	10
7. CONCLUSIÓN .....	10

## **1. ANTECEDENTES.**

El presente proyecto, titulado “*Modificación del proceso de Pretratamiento en la EDAR “Guadalete” de Jerez de la Frontera*”, ha sido tutorizado por el Dr. D. José Manuel Montes de Oca, profesor titular del Departamento de Ingeniería Química, Tecnología de los Alimentos y Tecnologías del Medio Ambiente.

Tiene la consideración de Proyecto Fin de Carrera para la obtención del título de Ingeniero Químico, y ha sido realizado por Francisco Javier Mozo Cáliz.

## **2. OBJETO DEL PROYECTO.**

El presente proyecto tiene como objeto el diseño de un sistema de modificaciones a realizar en la zona de Pretratamiento cuyo fin es la mejora de los procesos en dicho lugar tanto desde el punto de vista de la producción, como de la seguridad para operarios y habitantes de los alrededores.

## **3. EMPLAZAMIENTO.**

### **▪ UBICACIÓN EXACTA DE LA PLANTA.**

La EDAR de Jerez de la Frontera se encuentra situada en el Polígono Industrial del Portal, perteneciente a la zona sur del término municipal de Jerez de la Frontera (Cádiz), a unos 5 Km al sur del casco urbano de Jerez.



La EDAR se encuentra situada junto a la orilla norte del río Guadalete y el acceso a ella se realiza a través de la carretera comarcal CA-201.





#### 4. DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES.

Este proyecto comprende una serie de actuaciones que vamos a definir de la siguiente manera:

- Sustituir la cuchara bivalva por otra cuchara nueva.
- Labores de división en el Pozo de Gruesos mediante un muro de hormigón de 40 cm de ancho y 380 cm de alto.
- Modificación en la sala de desbaste, consistente en la sustitución de tamices de 4 mm de paso por los de 10 mm (Canales B y C) y sustituir el tamiz de 4 mm (Canal A) por Tamiz Autolimpiante tipo escalera.
- Instalación de sistemas de transportación-compactación de desechos para residuos del desbaste en rejillas y tamices.
- Mejora en el sistema de captación de gases contaminantes.



## **5. IMPACTO AMBIENTAL.**

En cumplimiento con las especificaciones relativas a las actuaciones comprendidas en el Anexo Segundo de la Ley 7/94, de 18 de mayo, de Protección Ambiental de Andalucía, situado en el apartado “Estaciones depuradoras y depósitos de fangos”, el siguiente proyecto incluye un Informe Ambiental. Dicho informe se encuentra en el Anexo V de la presente Memoria.

## **6. PRESUPUESTO.**

En base a los precios consultados y recibidos para las actuaciones necesarias en este proyecto resulta un Presupuesto de Ejecución Material de la Modificación asciende a **CIENTO CINCUENTA Y CUATRO MIL CIENTO OCHENTA Y SIETE EUROS Y CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS (154.187,58 €)**.

Esto queda detallado en el Documento nº4 “Presupuesto” del presente proyecto.

## **7. CONCLUSIÓN.**

Con lo anteriormente expuesto, se considera que el proyecto ha sido redactado conforme a la legislación vigente y la solución que se presenta es adecuada a las mejores prácticas técnicas y científicas disponibles.

## **MEMORIA GENERAL**

## ÍNDICE:

<b>1. DEPURACIÓN DEL AGUA .....</b>	<b>13</b>
1.1. INTRODUCCIÓN .....	13
1.2. CONTAMINACIÓN EN AGUAS RESIDUALES .....	17
1.3. INDICADORES QUÍMICOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA .....	24
1.4. DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES .....	25
<b>2. CARACTERIZACIÓN DEL AFLUENTE AL SISTEMA .....</b>	<b>31</b>
2.1. ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE JEREZ .....	31
2.2. LÍNEA DE AGUA .....	31
2.3. LÍNEA DE FANGOS .....	35
2.4. LÍNEA DE GAS .....	36
<b>3. CARACTERÍSTICAS DEL AIRE A DESODORIZAR .....</b>	<b>39</b>
3.1. CARACTERIZACIÓN Y MEDIDA DEL OLOR .....	40
3.2. NATURALEZA DEL OLOR .....	46
3.3. CONTROL DE OLORES .....	54
3.4. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	60

## **1. DEPURACIÓN DEL AGUA.**

### **1.1. INTRODUCCIÓN.**

El Consejo de Ministros proclamó en Estrasburgo el 6 de mayo de 1968 los siguientes doce principios que constituyen el Reglamento Europeo del agua:

1. No hay vida sin agua. Es un tesoro para toda actividad humana.
2. Los recursos de agua dulce no son inagotables. Es necesario conservarlos, controlarlos y siempre que sea posible incrementarlos.
3. Contaminar el agua es dañar al hombre y a otras criaturas vivientes, las cuales dependen del agua.
4. La calidad del agua debe ser mantenida en unos niveles suficientes según los correspondientes usos, en particular debe ser la adecuada para que cumpla los standards de salud pública.
5. Cuando el agua residual es devuelta al cauce, lo debe ser de tal forma que no impida usos posteriores.
6. El mantenimiento de una adecuada cubierta vegetal, preferiblemente bosque, es imperativo para la conservación de los recursos del agua.
7. Los recursos del agua deben ser inventariados.
8. La economía de los recursos de agua debe ser planificada por autoridades competentes.
9. La conservación del agua debe ser potenciada mediante investigación científica intensiva, entrenamiento de especialistas y con servicios de información pública adecuados.
10. El agua es una herencia común, valor tal que debe ser reconocido por todos. Cada cual tiene el deber de utilizar el agua tanto cuidadosa como económicamente.
11. La administración de los recursos de agua debe estar fundamentada en las cuencas naturales más que en estructuras políticas o administrativas.

12.El agua no conoce fronteras; como fuente común requiere de la cooperación internacional.

En uno de ellos se establece que “los recursos de agua dulce no son inagotables. Es indispensable preservarlos, controlarlos y, si es posible, acrecentarlos”.

Aproximadamente el 90% del agua de la Tierra se encuentra combinada en la litosfera, por lo que no es utilizable por los seres vivos. El agua en forma sólida, líquida o gaseosa, se distribuye entre las cinco reservas interconectadas (océanos, hielos y nieve, aguas terrestres, atmósfera y biosfera) y supone aproximadamente  $1.400 \times 10^6$  Km<sup>3</sup>, de los cuales, el 97,6% se encuentra en los océanos y el 1,9% en los casquetes polares y glaciares, por lo que el agua dulce disponible para los organismos de vida terrestre representa solamente el 0,5% del total, correspondiendo la mayor parte de ella a las aguas subterráneas. El agua salada sirve de medio para la vida marina y participa en el ciclo térmico de regulación de la temperatura de la Tierra. El agua dulce es la fuente de agua para el consumo humano

Tabla 1. Recursos de agua a escala mundial.

<b>Reserva</b>	<b>Volumen, Km<sup>3</sup> x 10<sup>6</sup></b>	<b>Porcentaje, %</b>
Océanos	1366	97,6
Casquetes polares y glaciares	27	1,9
Aguas Subterráneas	6,58	0,47
Aguas Superficiales	0,28	0,02
Ríos	0,02	
Lagos (agua dulce)	0,14	
Lagos (agua salada)	0,12	
Humedad del suelo	0,11	0,008
Materia viva	0,015	0,001

---

Vapor de agua	0,014	0,001
---------------	-------	-------

---

A pesar de que existen recursos hídricos suficientes, éstos se encuentran repartidos con gran irregularidad espacial y temporal, ya que tan solo unos 40.000 Km<sup>3</sup> son agua de lluvia anuales que caen sobre la superficie terrestre y pueden ser utilizados por el hombre. Éstos, se reparten muy desigualmente debido a las distintas condiciones climáticas de los diferentes países. Es por ello, que los criterios geográficos y estacionales son indicativos de la grave escasez de agua dulce que hoy padecen muchas regiones del planeta, pudiéndose agudizar el problema en las próximas décadas.

España, a pesar de los episodios de sequía por los que ha atravesado, no puede considerarse como un país seco dentro del contexto mundial, ya que la escorrentía media total (volumen de agua procedente de las precipitaciones que viaja por los cauces), supone 109.927 Hm<sup>3</sup> anuales, lo que representa un volumen importante de los recursos y, para una población de 40 millones de habitantes, supone 292 m<sup>3</sup> por habitante y año, cantidad similar a los recursos medios de la CEE.

Por otra parte, en España existen unas 900 presas que dan origen a 800 embalses en explotación con más de 43.000 Hm<sup>3</sup> de capacidad, lo que representa casi el 41% de las aportaciones de los ríos. Así, la disponibilidad media anual alcanza, en este momento, los 1.219 m<sup>3</sup> por habitante y año, que deberían ser suficientes para conseguir un desarrollo adecuado.

Aunque España cuenta con recursos hídricos naturales en cantidad estimada como suficiente, para poder hacerlos disponibles sería necesario corregir dos defectos importantes; la irregularidad espacial y la temporal. Así, la cuenca hidrográfica del norte de España, con algo menos del 11% de la superficie, dispone del 40% de los recursos, de ahí el apelativo de “España húmeda”; los demás



recursos se distribuyen en el resto del territorio español, denominado “España seca” en la que vive el 81% de la población.

Según el Plan Hidrológico Nacional, España sólo aprovecha 40.000 de los 100.000 Hm<sup>3</sup> del agua de lluvia que cae en su superficie. De esta cifra, más del 84% es utilizado en los cultivos de regadío (algo desorbitado en comparación con la media mundial la cual corresponde al 66%), un 12% se distribuye para abastecer las demandas de las poblaciones y, el 4% restante para la industria.

El agua, como reconoce la Carta Europea del Agua, “es un bien preciado, indispensable a toda actividad humana, sin agua no hay vida posible”. Basta citar que en un hombre adulto el 65% de su peso es agua. La ingesta de agua es imprescindible para reponer las pérdidas orgánicas, al mismo tiempo que permite ingresar en el organismo determinados iones que son necesarios para los procesos vitales. Otras necesidades de agua son las debidas al consumo doméstico, utilización municipal en riegos, limpieza pública, etc., consumo industrial y agrícola, uso recreativo, etc.

La cantidad de agua para satisfacer las necesidades del hombre, será muy variable de unas comunidades a otras, estando en relación con diversos factores tales como clima, grado de desarrollo económico y social, etc.

Las necesidades biológicas representan la parte más pequeña en lo que a cantidad se refiere, si bien es uno de los factores que condiciona especialmente los requerimientos en cuanto a calidad.

En España, la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público (R.D. 1138/1990 de 14 de septiembre), señala que la cantidad en condiciones de normalidad, no deberá ser inferior a 100 litro por habitante y día.

El continuo crecimiento de la población, la escasez de agua potable, la desigual distribución de los recursos hídricos naturales, el incremento de su contaminación, y las sequías periódicas, ha hecho que en muchos lugares las fuentes de abastecimiento sean insuficientes para atender las demandas actuales y, por tanto, que se considere como una alternativa la reutilización de aguas residuales tras un debido acondicionamiento.

## **1.2. CONTAMINACIÓN EN AGUAS RESIDUALES.**

La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa define la contaminación del agua como “Cualquier alteración en la composición o estado del agua, consecuencia directa o indirecta de las actividades humanas, haciéndola menos conveniente para su uso”. Según la legislación española, el concepto de contaminación del agua se recoge en la Ley de aguas, donde se define como “La acción y efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con sus usos posteriores o con su función ecológica”.

De acuerdo con las definiciones anteriores, es evidente que la contaminación es importante porque perjudica los recursos disponibles. Efectos de la contaminación del agua:

- Destrucción de recursos hidráulicos limitados.
- Disminución de la calidad del agua para uso público, de riego o industrial.
- Supresión del poder autodepurador de los cauces receptores, imposibilitando su utilización.
- Peligro para la salud pública.
- Interacción con los sistemas acuáticos, poniendo en peligro la vida marina.

Se puede afirmar en cuanto a la calidad del agua que:

- La degradación de la calidad del agua es evidente.
- Una posible vía de solución a esta degradación es, forzosamente, una legislación que controle o evite la emisión de sustancias contaminantes.
- Referencia de calidad del agua: características del agua en función de su uso.
- El criterio fundamental para establecer un estándar o patrón de calidad será: “El efecto que las sustancias u organismos presentes puedan tener sobre la salud humana”.
- Las mayores exigencias corresponden al agua para beber y en general todas las de suministro humano.
- La legislación actual se resume en el RDL 1/2001, de 20 de julio.

La contaminación del agua puede verse a factores naturales o a factores antropogénicos. Está claro que los problemas vienen por el impacto de estos últimos ya que los factores naturales entran dentro del ciclo del agua y son reciclados.

Según por su origen podemos clasificar los contaminantes como:

- ♦ Geológicos.
  - Erosión natural. Partículas en suspensión.
  - Sales en disolución.
- ♦ Urbanos o domésticos.
  - Vertido de residuos sólidos orgánicos (restos alimentos, heces, etc.)
  - Efluentes líquidos domésticos (jabones, detergentes, grasas).
  - Lavado de calles.
  - Alcantarillados, fosas sépticas, aguas negras.

- ♦ Agrícolas.
  - Residuos agrícolas.
  - Fertilizantes.
  - Pesticidas, fungicidas y plaguicidas.
  
- ♦ Industriales.
  - Metales pesados.
  - Residuos radioactivos.
  - Detergentes.
  - Aceites y petroquímicos.
  - Residuos sólidos.
  - Calor.
  - Plaguicidas.

La contaminación del agua puede clasificarse en función de su naturaleza en: físico-química y biológica de los contaminantes en:

➤ **CONTAMINACIÓN QUÍMICA.**

Desde el punto de vista de la contaminación química y atendiendo al metabolismo de los contaminantes, pueden diferenciarse:

Contaminantes biodegradables: son sustancias que se transforman fácilmente mediante la acción microbiana o por transformaciones químicas en el medio ambiente. En su mayoría son sustancias orgánicas e inorgánicas que tienen su origen en el medio urbano, agrícola e industrial.

Contaminantes no biodegradables: son compuestos obtenidos por síntesis química, tales como plásticos, pesticidas, metales pesados, etc. Se trata de sustancias extrañas al ecosistema, por lo que apenas existen equipos enzimáticos en los seres vivos capaces de transformarlos y degradarlos, por lo que se producen

fenómenos de bioconcentración. Pueden acumularse en organismos vivos y dar lugar a concentraciones peligrosas a través de las cadenas tróficas, en las que cada eslabón multiplica la acumulación.

La persistencia de un contaminante, se puede definir como la propiedad de un compuesto para retener sus características físicas, químicas y funcionales en el medio a través del cual es transportado y/o distribuido por un período limitado después de su emisión.

Dentro de ellos cabe destacar por su interés:

- Metales pesados: pueden proceder de procesos naturales como por ejemplo la erosión de rocas y actividades volcánicas, o bien de actividades humanas, que son las que van a aportar mayores cantidades. Tienen carácter acumulativo, es decir, las consecuencias en los seres vivos se hacen notables al cabo del tiempo (años). Son tres las principales fuentes de emisión:
  - ♦ Extracción y purificación de minerales.
  - ♦ Emisión de metales por combustión de recursos fósiles, como el carbón y el petróleo ya que tales combustibles contienen cadmio, mercurio, plomo, níquel, etc.
  - ♦ Producción y utilización de productos industriales que contienen metales.
  
- Compuestos orgánicos: los componen los productos de descomposición, como los ácidos húmicos y fúlvicos, las proteínas, los carbohidratos, las grasas, los aceites, la urea, etc.; los detergentes; los fungicidas, herbicidas y pesticidas; y el petróleo, los aceites industriales y derivados.

Por materia orgánica entendemos la llamada biomasa (materia viva total) y los productos orgánicos de síntesis de la química del carbono.

Para detectar la materia orgánica contaminante se mide el déficit de oxígeno del agua tanto químico (DQO, indica el carbono orgánico total) como biológico (DBO, carbono orgánico biodegradable). Tenemos ejemplos de compuestos orgánicos como:

- ♦ Plaguicidas, que pueden contaminar el agua ya sea porque se aplican directamente o bien porque se encuentran en precipitaciones atmosféricas o en los deslaves de tierras, cultivos, etc. Los mayores inconvenientes los presentan los organoclorados y organofosforados.
- ♦ Policlorobifenilos (PCBs), término que se utiliza para designar un amplio grupo de sustancias muy utilizadas a nivel comercial por sus propiedades físicas y químicas y por su precio económico, pero que son de una gran persistencia y acumulación en el medio ambiente, produciendo efectos teratogénicos, mutagénicos y oncogénicos.
- ♦ Hidrocarburos aromáticos policíclicos, cuya presencia está ligada a la degradación de productos de las aguas residuales tanto urbanas como industriales.

#### ➤ **CONTAMINACIÓN FÍSICA.**

- Radioactividad: los materiales radioactivos se introducen en el medio ambiente procedentes de fuentes naturales (rayos cósmicos, rocas, suelo, etc.) y pueden pasar a los cursos de agua a través de la lluvia y las escorrentías, o bien de fuentes antropogénicas, como son las actividades nucleares, el empleo de radionúclidos artificiales utilizados en medicina, industria e investigación.

Estos radionúclidos, tienen importancia por las radiaciones ionizantes que producen y porque se van acumulando a lo largo de las cadenas tróficas. El efecto sobre la salud surge como consecuencia de su interacción en tejidos y órganos críticos.



- Contaminación térmica: la temperatura tiene una gran importancia en el desarrollo de diversos fenómenos que tienen lugar en el seno del agua, como la solubilidad de gases y sales, así como en las reacciones biológicas que tiene una temperatura óptima para poder realizarse. La elevación de la temperatura del agua surge como consecuencia de la evacuación a las mismas de las aguas utilizadas como refrigerante, dando lugar a una disminución del oxígeno disuelto, lo que implica una menor degradación natural biológica de cualquier contaminante orgánico.
- Aporte de partículas groseras y coloidales: que interfieren la penetración de las radiaciones luminosas provocando una disminución de la flora aerobia e inhibiendo el fenómeno de autodepuración.

#### ➤ **CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA.**

El agua debido a su gran capacidad disolvente se contamina por mediación de los excrementos humanos o animales y de las aguas residuales.

Esta contaminación fecal puede incorporar una variedad de diversos organismos patógenos, cuya presencia está relacionada con las enfermedades que puedan existir en ese momento en una comunidad. Otros organismos, cuya existencia en el ambiente es natural y a los que no se les considera patógenos, pueden producir en ocasiones infecciones de tipo oportunista, sobre todo en personas con una disminución de los mecanismos de defensa.

Como el agua no es un buen medio de cultivo y además operan mecanismos naturales de autodepuración, las posibilidades de supervivencia y multiplicación de los microorganismos son escasas, lo que explica que, por lo general, las infecciones hídricas se producen cuando la transmisión es rápida, es decir, cuando no media mucho tiempo entre el momento de la contaminación del agua y su consumo.

En cualquier caso el agua contaminada puede vehiculizar, directa o indirectamente, los microorganismos hasta el sujeto sano susceptible.

- Transmisión directa: en unos casos la enfermedad se adquiere por ingestión de agua contaminada de servicios de abastecimiento. Pero en otros, es por contacto cutáneo o mucoso (en el caso de agua usada con fines recreativos), contacto ocupacional, e incluso terapéutico. Tales infecciones son básicamente de dos tipos: superficial, en mucosas y piel dañada previamente o intacta, y sistemática, a menudo infecciones serias que pueden ocurrir en el transcurso de una inmunodepresión. Así se ha considerado que se pueden transmitir conjuntivitis, faringitis por adenovirus y también las personas pueden ingerir agua contaminada y sufrir enfermedades gastrointestinales.
  
- Transmisión Indirecta: en otras ocasiones el agua interviene de una forma indirecta a través de los alimentos:
  - Verduras o frutas que se ingieren crudas y han sido regadas con aguas residuales inadecuadamente desinfectadas, o el vertido directo sobre el suelo para reducir las cargas de contaminación en ríos y lagos, que además representan un peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas.
  - Moluscos, criados en aguas marinas contaminadas con aguas residuales.
  - Vectores que son eslabones de la cadena epidemiológica de algunas enfermedades, bien de forma activa, siendo el agua reservorio de fases de desarrollo de estos vectores, o de forma pasiva, es decir, que en el agua vive el huésped intermediario o indispensable para el ciclo.

Los principales agentes infecciosos, que pueden estar presentes en las aguas residuales, se pueden clasificar en tres grupos: bacterias, virus y parásitos.

### **1.3. INDICADORES QUÍMICOS DE LA CONTAMIANCIÓN DEL AGUA.**

- **Contenido en oxígeno.**

Las fuentes de oxígeno en agua son la atmósfera, la acción fotosintética de las plantas acuática y las fuentes ocasionales como el desprendimiento de oxígeno molecular en la desnitrificación de nitratos en agua.

El oxígeno disuelto en el agua es consumido por los microorganismos (bacterias aerobias) en el proceso de metabolismo, es decir, en la mineralización de la materia orgánica del agua por medio de una fermentación aerobia.

Se puede determinar la cantidad de oxígeno en el agua con técnicas potenciométricas (oxímetro, que es un electrodo de membrana) que mide el potencial entre el oxígeno molecular del agua y el oxígeno en estado de oxidación -2 del electrodo y que por medio de la ley de Nerst podemos calcular la concentración de oxígeno molecular en agua.

- **Materia orgánica.**

Los análisis que se realizan al agua para determinar la cantidad de materia orgánica en el agua son la DBO y la DQO.

- *DQO* (Demanda química de oxígeno).

Determina la cantidad de oxígeno que se necesita para llevar al máximo grado de oxidación todas las sustancias presentes en el agua, tanto la materia orgánica biodegradable como la materia orgánica no biodegradable. Los cloruros son sustancias que enmascaran los resultados de la DQO porque se oxida también. Para evitarlo se utiliza una sal de Mercurio para acomplejar a los cloruros. La DQO se mide en mg de O<sub>2</sub> consumido por litro de agua.

- *DBO* (Demanda biológica de oxígeno).

Es una técnica que simula una situación semejante a la oxidación de la materia orgánica degradable en condiciones naturales por parte de los microorganismos. Se determina colocando una muestra de agua en una cámara oscura con medidor de oxígeno en el aire; se deja la muestra durante 5 días a temperatura constante y todo el oxígeno consumido que haya disminuido en ese tiempo ha sido utilizado por las bacterias para mineralizar la materia orgánica. La DBO se mide en las mismas unidades que la DQO, en mg de O<sub>2</sub> consumido por litro de agua. Los resultados de la DBO son falseados por la presencia de nitratos (porque producen oxígeno y nitrógeno) y los metales pesados. En condiciones normales la DQO debe ser superior a la DBO, aunque hay factores que pueden alterar los resultados como ya hemos visto.

- **Salinidad.**

Refleja la cantidad de iones que contiene el agua. Se determina por conductividad, ya que hay relación entre la conductividad del agua y el contenido total de iones. Los electrodos más utilizados son los electrodos de Platino. También se mide la dureza total y la dureza temporal.

#### **1.4. DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.**

La preocupación por la contaminación de las aguas es lo que lleva al hombre al tratamiento de las aguas residuales, antes de ser vertidas.

Las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDARs) deben ser diseñadas, construidas y operadas, con el objeto de convertir los residuos líquidos procedentes del uso de las aguas de abastecimiento en un efluente final aceptable.

Para ello, se deben conocer, por una parte, las características del agua residual bruta que se va a tratar, y por otra, se han de establecer los caracteres físico-químicos y microbiológicos que debe tener el efluente ya tratado, para poder ser vertido o reutilizado sin causar riesgos sanitarios y ecológicos.

Una E.D.A.R. urbana es una Estación Depuradora de Aguas Residuales, que recoge el agua residual de una población y, después de una serie de tratamientos y procesos, la devuelve a un cauce receptor (río, embalse, mar...).

El tratamiento de un agua residual municipal, consiste en una combinación de operaciones unitarias físicas, químicas y procesos biológicos unitarios, destinados a eliminar el residuo sólido, la materia orgánica, los microorganismos patógenos y a veces, los elementos nutritivos contenidos en el agua residual. Los diferentes grados de tratamientos, en orden creciente de nivel de tratamiento, son:

- **PRETRATAMIENTO.** El pretratamiento o tratamiento físico se utiliza fundamentalmente para acondicionar el agua a fin de poder aplicar después algún método de tratamiento para disminuir o eliminar la contaminación orgánica o inorgánica. De igual modo, se emplea con el propósito de retirar toda aquella materia o cuerpo, que arrastrado por el agua residual bruta pueda afectar negativamente tanto a las partes móviles de los distintos equipos de la EDAR, como a los procesos posteriores de tratamiento.
  - Los métodos más comunes de pretratamiento son: cribado, sedimentación y separación de grasas y aceites (flotación).
  - El agua bruta pasa en primer lugar a una fosa de gruesos, tanque en cuyo fondo se depositan objetos muy pesados tales como piedras, animales muertos, restos de enseres, etc y también arenas de cierto tamaño. Dichos objetos son extraídos regularmente por una cuchara bivalva, siendo su destino final un vertedero de Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

- El cribado o desbaste es el más sencillo de los procesos. Puede consistir básicamente en la instalación de rejillas separadas media pulgada entre sí o bien ser cribas de tipo automático con retiro de sólidos mecánicos. Su función principal es eliminar los sólidos gruesos presentes en el agua (plásticos, basura, palos, hojas, etc).
- Los materiales separados en el foso de gruesos, rejillas de desbaste y tamices reciben el nombre de basuras. Se producen aproximadamente 4 -7 m<sup>3</sup>/día de basuras por cada 500.000 habitantes.
- Las aguas residuales urbanas contienen arena, grasas y aceites. La arena es muy perjudicial, pues ocasiona el desgaste prematuro de distintos dispositivos mecánicos, fundamentalmente de las bombas. Además, se acumula en distintos elementos de la depuradora, tales como decantadores y digestores, de forma que el volumen útil de éstos disminuye paulatinamente, a la par que su rendimiento. Deben ser, por lo tanto, eliminadas.
- Las grasas y los aceites ocasionan problemas mecánicos en distintos elementos, principalmente intercambiadores de calor y conducciones. Son escasamente biodegradables durante el proceso de depuración y, además, dificultan la transferencia de oxígeno al agua, perjudicando la acción de los microorganismos depuradores que necesitan oxígeno (llamados "aerobios").
- Las partículas de arena se eliminan aprovechando su capacidad para sedimentar, dado su peso. Por el contrario, las grasas se eliminan aprovechando su capacidad de flotación. En las grandes depuradoras, el desarenado y el desengrasado se llevan a cabo en el mismo tanque, que recibe el nombre de desarenador-desengrasador. Para optimizar el desengrasado, se inyectan burbujas de aire en el fondo del tanque. Las burbujas, en su ascenso, atrapan partículas de grasa de tamaño igual o superior al de ellas. La acción del aire contribuye también a obtener arena

más limpia. Las grasas se separan por la parte superior y se llevan a un contenedor específico. Las arenas se extraen del fondo con bombas especiales de inyección de aire y posteriormente se concentran en un clasificador. La arena limpia es recogida regularmente por empresas constructoras. Por cada 500.00 habitantes se producen diariamente de 2 a 3 m<sup>3</sup> de arena limpia y 0,3 a 1,0 m<sup>3</sup> de grasas. El proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la DBO y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión, lo que ayuda a que los procesos secundarios sean más eficientes y económicos.

- **TRATAMIENTO PRIMARIO.** Tras los procesos anteriores el agua contiene aún contaminación disuelta y contaminación en suspensión, no disuelta. Las partículas en suspensión más pequeñas no tiene capacidad de sedimentación por gravedad, mientras que las más grandes, sí. La materia en suspensión sedimentable se elimina en los decantadores primarios, tanques rectangulares o circulares en los que el agua está el tiempo suficiente para que se produzca la sedimentación. La materia sedimentada recibe el nombre de lodos o fangos primarios. Estos materiales se extraen del fondo del decantador y se envían a un concentrador específico denominado “espesador”, previo tamizado. En el espesador se obtienen lodos primarios concentrados (cuyo destino se verá posteriormente) y un agua “clarificada”, aún muy contaminada que se devuelve a cabecera de planta para ser tratada nuevamente.
- Puesto que gran parte de la DBO y DQO se presentan en forma de flóculos, al retirarse con tan sólo una decantación, disminuyen los valores de demanda de oxígeno (DBO y DQO).
- **TRATAMIENTO SECUNDARIO.** Está inspirado en el proceso natural de autodepuración, alterando determinadas condiciones para aumentar el

rendimiento: se facilita el desarrollo de microorganismos capaces de asimilar la materia orgánica biodegradable, y por ello se conoce también como tratamiento biológico.

- En el mecanismo de asimilación biológica intervienen procesos de distinta naturaleza, tales como la asimilación metabólica o la captación de sustancias suspendidas y coloidales presentes, reduciéndose de esta forma la DBO y DQO.
  - La degradación se produce por una serie de reacciones bioquímicas, en las cuales la biomasa descompone los compuestos complejos presentes en el agua residual, produciéndose otros más sencillos que, a su vez, serán transformados y asimilados por otros microorganismos.
  - Las reacciones son de oxidación (respiración) y biosíntesis (crecimiento), y ambos procesos eliminan materia orgánica del agua: la oxidación da lugar a productos finales mineralizados que van en solución en el efluente; la biosíntesis convierte la materia orgánica, que suele estar en forma soluble o en suspensión, en biomasa particulada que puede eliminarse, posteriormente, como fangos activados.
- **TRATAMIENTO TERCIARIO.** Los tratamientos terciarios constituyen el conjunto de operaciones destinadas a dar la calidad final que se busca al efluente. Suelen ser empleados cuando se lleva a cabo un proceso de reutilización o cuando es necesario eliminar algún contaminante en especial y después de un tratamiento secundario, para obtener así una calidad superior en el efluente. La finalidad del tratamiento terciario, implícito en la reutilización del agua residual, es asegurar la calidad del agua regenerada para una determinada aplicación al reutilizarla.



Con la depuración de las aguas residuales se trata de minimizar el impacto de los vertidos.

## **2. CARACTERIZACIÓN DEL AFLUENTE AL SISTEMA**

### **2.1. ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE JEREZ.**

La EDAR Guadalete de Jerez es una depuradora de tipo convencional, de fangos activados y con digestión anaerobia de lodos. La planta tiene la capacidad de tratar un caudal medio diario de 103.680 m<sup>3</sup>.

En el proceso de depuración del agua se pueden distinguir tres líneas de proceso: línea de agua, línea de fangos y línea de gas.

### **2.2. LÍNEA DE AGUA.**

#### **▪ Pretratamiento.**

Consta de los siguientes elementos:

- **Pozo de gruesos y aliviadero general.**

El pozo de gruesos recibe por gravedad, el caudal de todas las aguas residuales y pluviales a través de dos colectores: colector Este y colector Oeste.

La retirada de gruesos ocurre mediante una cuchara bivalva con desplazamiento lateral, para su posterior transporte a vertedero.

- **Elevación.**

Tras la retirada de gruesos, las aguas residuales se elevan desde el pozo hasta una cota de 8,11 metros como valor medio, permitiendo que fluyan por gravedad a través de toda la línea piezométrica de la instalación. La elevación se

efectúa mediante cuatro tornillos elevadores, basando su funcionamiento en el tornillo de Arquímedes.

El proceso prosigue con los siguientes tratamientos:

- **Desbaste.**

Existen tres líneas de desbaste constituidas, cada una, por rejillas y tamices, que se ubican en un edificio provisto de equipos de desodorización, con las siguientes características:

- ⇒ Tres rejillas (una por canal): 25 mm
- ⇒ Tres rejillas (una por canal): 10 mm
- ⇒ Dos tamices (ubicados en dos de los canales): 4 mm

El canal que no presenta tamizado de 10 mm se emplea sólo en los casos en los que el caudal de entrada de agua es muy alto.

- **Desarenado-desengrasado.**

Se lleva a cabo en tres canales de forma tronco piramidal invertida, de flujo horizontal, constituidos por un ensanchamiento en la sección del canal de pretratamiento, de forma que se reduce la velocidad ascensional. El aire añadido para la desenmulsión (5 eyectores por canal) ayuda a impedir la sedimentación de partículas de fango, poco densas, y a lavar las arenas que se depositan en el fondo más limpias.

▪ **Tratamiento físico-químico.**

El agua procedente del desarenado-desengrasado puede conducirse directamente a los decantadores primarios o desviarse a las instalaciones donde tiene lugar el tratamiento físico-químico mediante un proceso de coagulación-floculación. Está formado por un sistema de mezcla, cuyo volumen efectivo es de 144 m<sup>3</sup> y otro de floculación de 1.120 m<sup>3</sup> de volumen de mezcla.

▪ **Tratamiento primario.**

Existen cuatro decantadores primarios de forma circular y 34 m de diámetro, con puente radial dotado de barrederas de fondo. El volumen unitario es de 2.270 m<sup>3</sup>.

El flujo hidráulico es vertical, de tal manera que el agua fluye uniformemente desde la parte inferior del decantador, mediante una corona circular o campana tranquilizadora. La salida del agua decantada se realiza a través de unos vertederos perimetrales, tipo dentado, para atenuar las variaciones en el nivel del decantador para los diferentes caudales.

El barrido de los fangos decantados se realiza mediante un sistema de rasquetas de barrido de fondo, que cuelgan del puente giratorio de tracción periférica. Los fangos son conducidos por una tubería de fondo hasta una arqueta de recepción, de donde se bombea a los espesadores. También se dispone de un canal de recogida de flotantes solidario con el puente radial, que permite su evacuación hacia el tratamiento de lodos mediante bomba sumergible.

▪ **Tratamiento secundario o biológico.**

El tratamiento biológico del agua residual se efectúa mediante el proceso denominado de lodos activados. La primera fase del proceso consiste en hacer pasar el agua a través de los reactores biológicos, existen cuatro unidades, equipados con un total de 32 turbinas de doble velocidad para la aireación de las cubas. Con la agitación se consigue que la masa de flóculos no caiga al fondo y que los microorganismos y la materia orgánica se homogeneicen.

Los tanques son de planta rectangular, con un volumen total de 33.327 m<sup>3</sup>, subdivididos en varias zonas rectangulares en cuyo centro se sitúan los aireadores-turbina. Estos aireadores mecánicos consisten en rotores sumergidos parcialmente que agitan enérgicamente el agua residual, introduciendo aire y motivando un contacto rápido de la interfase aire-agua que facilita la disolución del aire.

▪ **Decantación secundaria.**

El proceso biológico de lodos activados se completa con cuatro decantadores secundarios, con puente de succión de 42 m de diámetro y un volumen total de 18.248 m<sup>3</sup>.

Los fangos sedimentados se extraen del decantador y se pasan a una arqueta central para su distribución: una parte es recirculada al sistema de fangos activados y el resto es bombeado hasta las unidades de flotación para su concentración.

▪ **Tratamiento terciario.**

El agua residual procedente del tratamiento secundario necesita de un tratamiento de desinfección para poder ser reutilizada. El sistema de desinfección se compone de un canal abierto de hormigón armado, trabajando por gravedad, con un

caudal de diseño de 1.000 m<sup>3</sup>/h. En el canal se instala un banco de lámparas UV, compuesto de 9 módulos de 8 lámparas UV cada módulo.

El contenido en sólidos en suspensión del agua procedente del tratamiento secundario hace necesario un tratamiento de filtración previo al de desinfección. Ésta se lleva a cabo en cuatro filtros de lecho mixto de arena y antracita que operan en paralelo de forma continua.

No obstante, el equipo de filtración seleccionado requiere un tratamiento previo de coagulación-floculación y sedimentación. Ésto se consigue añadiendo al agua procedente del tratamiento secundario un agente coagulante que se homogeneiza en dos cámaras de mezcla rápida. La floculación se realiza mediante dos floculadores mecánicos rotatorios. La sedimentación se realiza en dos sedimentadores de planta rectangular.

### **2.3. LÍNEA DE FANGOS.**

En la línea de fangos se llevan a cabo las siguientes operaciones:

- **Concentración de fangos.**

El tratamiento de concentración de fangos distingue entre los fangos procedentes del tratamiento primario, que pasan a espesadores por gravedad provistos de tratamiento de olores, y los procedentes del tratamiento biológico, cuya concentración se realiza mediante espesadores por flotación.

- **Digestión de fangos.**

La digestión primaria de fangos se realiza en cuatro digestores anaerobios cono cilíndricos truncados de 19 m de diámetro y 25 m de altura, en los que se producen fenómenos de degradación anaerobia mesofílica de la materia orgánica.

Su homogeneización se favorece mediante la inyección a presión de biogás, producido en el proceso, en el fondo de los digestores. El volumen total de la digestión es de 22.000 m<sup>3</sup>. El tiempo de digestión es mayor a 25 días.

Las necesidades calóricas del sistema mesófilo (funcionamiento a 35-38 °C), se aportan mediante un circuito primario de calderas de agua caliente, que pueden utilizar como combustible el propio biogás generado en la digestión anaerobia o gas-oil.

El fango que se obtiene de la digestión primaria se envía a un sistema de almacenamiento, cuya función es regular los fangos que llegan al sistema de deshidratación, compuesto por dos depósitos cilíndricos de 17 m de diámetro y 10,8 m de altura, lo que permite un volumen total de 4.290 m<sup>3</sup>.

- **Deshidratación de fangos.**

Desde los depósitos de regulación, los fangos son bombeados al edificio de deshidratación formado por 9 unidades de filtros bandas, de 2,5 m de ancho de banda, donde se deshidratan 39 Tm/día. Posteriormente, los fangos deshidratados pasan a unos silos de almacenamiento, de donde son retirados en camiones a una estación de compostaje.

## **2.4. LÍNEA DE GAS.**

La línea de gas está constituida por todos los elementos que conducen, almacenan o manipulan de alguna forma el biogás producido en los digestores:

- **Tanques de almacenamiento de gas o gasómetros.**

Existen dos gasómetros que tienen la misión de regular la producción y consumo de gas a las necesidades de la planta. El volumen total que almacenan es de 1.000 m<sup>3</sup>. El diseño es del tipo campana flotante.

- **Compresores de agitación de los digestores primarios.**

Se dispone de cinco unidades cuyo objetivo es homogeneizar el fango sometido a digestión mediante reinyección del propio biogás comprimido en el fondo del digestor.

- **Soplante y calderas.**

Se dispone de tres calderas de agua caliente en circuito primario que normalmente utilizan como combustible el mismo biogás generado e impulsado por una soplante que lo aspira de la red general de biogás. El consumo de biogás es aproximadamente el 60% del volumen generado.

- **Antorcha.**

Teniendo en cuenta que se produce un exceso de gas, con relación las necesidades del sistema, el volumen excedente se quema en una antorcha dotada de válvula automática de regulación, que permite mantener la presión en la red general de biogás a la consigna deseada.

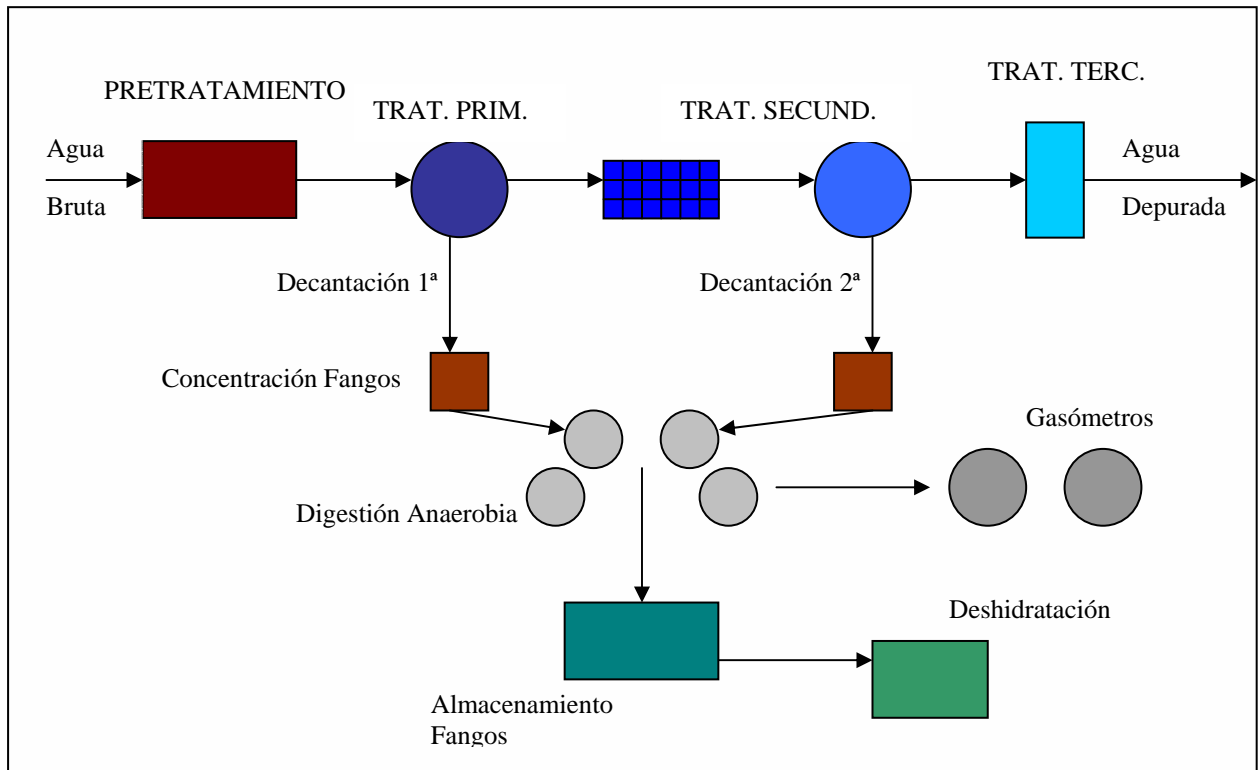
- **Elementos de regulación, control y seguridad.**

Como corresponde a una instalación en la que se trabaja con gases combustibles y explosivos, se dispone de un gran número de elementos de control y seguridad, tales como: apaga-llamas, válvulas de doble efecto (rompedoras de vacío



y sobrepresión), válvulas térmicas de corte, instalación antideflagrante y estanca, botes de purga y condensados, etc.

Vamos a representar todo el proceso de Tratamiento de Agua Residuales con el siguiente diagrama de flujo:



### **3. CARACTERÍSTICAS DEL AIRE A DESODORIZAR.**

Probablemente los olores representan los problemas más complejos relacionados con la contaminación del aire. Debido a su naturaleza un poco nebulosa, se han clasificado contaminantes sin criterio por la Agencia de Protección Ambiental.

El olfato, al igual que la vista, el oído, el tacto y el gusto, es uno de los sentidos esenciales del hombre. Sus funciones han sido importantes en él, sobre todo como voz de alarma.

El gusto y el olfato se consideran como sentidos químicos, ya que parecen ser reacciones fisiológicas al contacto con ciertas sustancias específicas. En el caso del olfato, algunos individuos tienen la capacidad de detectar cantidades minúsculas de las sustancias en el intervalo de 1 ppm.

La nariz es un órgano que no podemos cerrar cuando un olor nos molesta, es decir, el olfato es un sentido con una función continua. Es el único buen dispositivo conocido de medición, el cual se sabe que no es confiable.

Las sustancias olorosas son transportadas por el aire hacia nuestra nariz donde se producen varios tipos de impresiones. El mecanismo por el que se asocia una sustancia con un determinado olor en nuestro organismo no está muy claro. Actualmente se asume que son unas determinadas células de la nariz las que captan dichas sustancias olorosas y transmiten un impulso eléctrico al cerebro. Estas células receptoras constan de varios centros activos con diversas formas para que las moléculas olorosas encajen perfectamente en ellas. Cada receptor es el responsable de un determinado impulso eléctrico y, por lo tanto, de cada tipo de olor.

No sólo existe un notable desacuerdo acerca de lo desagradable de determinados olores, sino que, además, otros dos problemas obstaculizan los intentos de controlar los olores. En primer lugar, es más fácil detectar un olor extraño y es más probable que sea motivo de quejas que uno ya conocido. En segundo lugar, debido a un fenómeno conocido como la fatiga del olor, una persona puede acostumbrarse prácticamente a cualquier olor si se le da suficiente tiempo, y sólo se dará cuenta del mismo cuando ocurra un cambio en la intensidad.

La gente experimenta reacciones variadas ante un olor dado. Lo que es repugnante para unos es aceptable para otro. Generalmente hablamos de buenos y malos olores según las sensaciones agradables o no que nos produzcan las sustancias que percibimos. Existen sustancias de olor agradable que se usan como ambientadores, perfumes, colonias, etc, sin embargo, hay sustancias con olores tan desagradables que pueden provocar cierto malestar (nauseas, vómitos), como, por ejemplo, el olor a huevos podridos que tiene el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S). Debemos tener en cuenta que ciertos olores desagradables para algunas personas son agradables o no percibidos por otras.

### **3.1. CARACTERIZACIÓN Y MEDIDA DEL OLOR.**

Se ha sugerido que son cuatro los factores independientes que se necesitan para la completa caracterización de un olor: intensidad, capacidad de penetración, calidad y aceptabilidad (ver tabla). Hasta ahora, la capacidad de penetración es el único factor que se ha utilizado en el desarrollo de normativas reguladoras de las molestias causadas por los olores.

Tabla 2. Factores de los olores.

Atributo del olor	Definición
Intensidad	Magnitud de la sensación percibida
Capacidad de penetración	Cambio por dilución de la magnitud o la aceptabilidad. Capacidad de detección
Calidad	Similitud de la sensación olorosa, naturaleza química o agrupamiento funcional. Propiedades características
Aceptabilidad	Grado del agrado o desagrado de la sensación olorosa

---

- La **intensidad** representa alguna indicación, numérica o verbal, de la fuerza del olor. Un aumento gradual de la intensidad se detecta fácilmente, a pesar de que algunas personas se pueden fatigar con el olor.
- La **capacidad de penetración**, según Nader, se conoce a veces como la relación potencial del olor a la relación de dilución del umbral. Éstas representan esencialmente medidas de la capacidad de un olor penetrante en un gran volumen de aire de dilución y seguir poseyendo una intensidad detectable. Un olor penetrante, como el que podría ser el resultado de mercaptanos y proteínas descompuestas tendrán la tendencia a esparcirse en todas las direcciones sobre una comunidad.

- La **calidad** describe las características de los olores en términos de la asociación con un odorante conocido, como el café o las cebollas, o asociado, por analogía, un olor conocido con un odorante desconocido.
- La **aceptabilidad** (el grado de agrado o desagrado de la sensación producida por el olor) depende en sumo grado de las experiencias de las personas que efectúan la evaluación del olor. La asociación con determinados acontecimientos puede dar por resultado que el olor se considere como agradable o desagradable.

Con la excepción de la calidad del olor, los atributos anteriores se evalúan haciendo referencia a escalas subjetivas con un número variable de puntos. Una escala de uso común tiene cinco puntos:

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| 0 | No hay percepción       |
| 1 | Percepción muy débil    |
| 2 | Percepción débil        |
| 3 | Fácil percepción        |
| 4 | Fuerte                  |
| 5 | Percepción irresistible |

Se han empleado también escalas de nueve y cuatro puntos. La capacidad de reproducibilidad de las valoraciones de los olores disminuye rápidamente si se utiliza una escala de diez puntos.

Varias propiedades químicas y físicas de los odorantes intervienen en el proceso olfatorio. A continuación se resumen las correlaciones entre las propiedades del olor y el odorante:

Intensidad	Concentración Volatilidad Solubilidad en grasas o en agua
Capacidad de penetración	Concentración Naturaleza química
Calidad	Forma y tamaño molecular Espectro infrarrojo o Raman Naturaleza química o agrupamiento funcional
Aceptabilidad	-----

Los olores pueden medirse por métodos sensoriales, y las concentraciones de un olor específico pueden medirse por métodos instrumentales. Se ha demostrado que, bajo condiciones estrictamente controladas, la medida sensorial (organoléptica) de los olores por el sistema del olfato humano, puede proporcionar información significativa y de confianza. Por consiguiente, el método sensorial se usa actualmente cada vez más frecuentemente para medir la emanación de olores en las instalaciones de tratamiento del agua residual.

En el método sensorial, se expone a un conjunto de personas a los olores que han sido diluidos en aire libre, y se anota el número de diluciones requeridas para reducir un olor a su concentración de umbral mínimo detectable (MDTOC). La concentración de olor detectable viene dada por las diluciones necesarias hasta llegar al MDTOC. Por tanto, si deben añadirse 4 volúmenes de aire diluido a una unidad de volumen de la muestra de aire para reducir el olor a su MDTOC, la concentración del olor vendrá dada como cinco diluciones hasta su concentración umbral mínima.

Sin embargo, la determinación sensorial de esta concentración umbral puede estar sujeta a numerosos errores. Los principales son la adaptación y la adaptación cruzada, el sinergismo, la subjetividad y la modificación de la muestra (tabla).

Tabla 3. Posibles errores de la determinación sensorial.

<u>Tipo de error</u>	<b>Descripción</b>
Adaptación y adaptación cruzada	Cuando se está continuamente expuesto a una concentración a base de un olor, el sujeto es incapaz de detectar la presencia del mismo, a bajas concentraciones. Cuando se separa al individuo de la concentración base, el sistema del olfato del sujeto se recupera rápidamente. En último extremo, el sujeto con un sistema del olfato adaptado, será incapaz de detectar la presencia de un olor al cual se haya adaptado.
Modificación de la muestra	Tanto la concentración como la composición de los gases y vapores pestilentes pueden ser modificadas en los recipientes de toma de muestras y en los dispositivos de detección de olores. Para minimizar los problemas asociados en la modificación de las muestras, el período de almacenamiento del olor debe minimizarse o suprimirse, y permitirse solo un contacto mínimo con cualquier superficie reactiva.
Subjetividad	Cuando el sujeto tiene conocimiento de la presencia de un olor pueden introducirse errores aleatorios en la medida sensorial. A menudo, el conocimiento del olor puede inferirse de otras señales sensoriales, tales como el sonido, vista o tacto.
Sinergismo	Cuando hay más de un olor presente en la muestra, se ha observado que es posible para un sujeto el exhibir una sensibilidad creciente un olor dado, a causa de la presencia de otro olor.

El método normal de la American Society for Testing and Materials (ASTM) para la medición de olores en la atmósfera, utilizando el método de dilución, tiene numerosas limitaciones inherentes que lo hacen inaceptable para medidas precisas del umbral del olor. Las tres limitaciones mayores son la situación anormal del sujeto que efectúa el examen, la carencia de un adecuado control del entorno de respiración del sujeto durante la evaluación de la muestra y la posible modificación de la muestra como consecuencia de la necesidad de mantener muestras discontinuas de aire. El procedimiento de ensayo de la ASTM se está actualizando a fin de utilizar la técnica de la dilución que es mucho mejor reproducible.

Para eliminar errores en la modificación de la muestra en los recipientes de muestreo, puede usarse un olfatómetro de lectura directa para medir olores en su origen, sin necesidad de tener que tomar muestras. Hay descriptores y métodos de utilización de los olfatómetros de lectura directa.

En relación con el instrumental de medida de olores, la olfatometría de aire diluido proporciona un método reproducible de medir las concentraciones de umbral del olor. Frecuentemente, es deseable conocer los compuestos específicos responsables del olor. A pesar de que la cromatografía de gas se ha utilizado con éxito con este propósito, no ha sido satisfactoria en la detección y cuantificación de los olores derivados de las instalaciones de recogida, tratamiento y evacuación de las aguas residuales. El uso exclusivo de métodos instrumentales de medida de estos olores se excluye por tres razones:

1. La detectabilidad (o capacidad de penetración) de los olores derivados de las instalaciones de agua residual está, a menudo, fuertemente influida por otros compuestos no olorosos (adaptación cruzada) que puedan presentarse.
2. La mayoría de los olores que emanan de las instalaciones de agua residual tienden a decaer rápidamente en condiciones de almacenamiento.
3. La molécula del olor debe concentrarse antes de la medida y a raíz de ello.



### **3.2. NATURALEZA DEL OLOR.**

Sabemos que existe una gran cantidad de sustancias con olores molestos para el ser humano, las cuales son vertidas al medio ambiente como producto de las actividades humanas. Son liberadas en procesos industriales, granjas, depuradoras, depósitos de basura, etc.

En nuestro caso las sustancias olorosas liberadas en las depuradoras y que provocan malestar son compuestos de azufre en su mayoría, cuya procedencia y evolución dentro de una Estación Depuradora de Aguas Residuales (E.D.A.R.) se expondrá a continuación.

Los compuestos de azufre provienen de los vertidos domésticos donde aparecen los sulfonatos procedentes de los detergentes, aparte de los compuestos orgánicos del azufre presente en la composición de algunas proteínas excretadas por los seres humanos. En estos vertidos también están presentes los sulfatos, precursores de los sulfuros, cuyo origen principal está en las aguas de abastecimiento. La incidencia de estos compuestos de S sobre las zonas de saneamiento es muy importante, sobre todo en zonas costeras en las cuales el contenido en sulfatos es mayor debido a la intrusión del mar en los colectores de aguas residuales.

La formación de los sulfuros en las aguas residuales tiene lugar a partir de los sulfatos por la acción metabólica de ciertas bacterias sulforreductoras que están presentes en dichas aguas y en las paredes de los conductos y reservorios. Otros aportes de sulfuros inorgánicos provienen de vertidos industriales de cerveceras, refinerías de aceite, papeleras, mataderos, bodegas, etc.

Los sulfuros son los responsables principales del ennegrecimiento de las aguas residuales y de los fangos, debido a la formación de sulfuro ferroso y otros sulfuros metálicos de color negro. La presencia de sulfuro de hidrógeno está

garantizada, a no ser que el pH sea superior a 9, con lo cual la atmósfera en contacto con esta agua también será portadora de dicho compuesto oloroso. La composición química del aire atmosférico seco tiene un  $2 \times 10^{-8}$  % en volumen de sulfuro de hidrógeno. Con una composición superior a ésta, dicho compuesto es considerado contaminante atmosférico primario.

El compuesto oloroso principal es el **ácido sulfhídrico** ( $H_2S$ ). El  $H_2S$  se forma durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción de sulfitos y sulfatos minerales, mientras que su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno. Se trata de un compuesto altamente tóxico y corrosivo. El umbral de toxicidad del  $H_2S$  está en 10 ppm (partes por millón) ó  $14 \text{ mg/m}^3$  y el umbral de percepción (K-50), que es la concentración necesaria de moléculas odorantes que debe tener el aire para que su percepción sea detectada por el 50% de las personas de un grupo de población, es de  $47 \times 10^{-5}$  ppm ó  $66 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$ .

Esto nos indica que, si además de querer estar por debajo del umbral de toxicidad también queremos eliminar la molestia de la percepción del olor, debemos llegar a un grado de eficacia muy cercano al 100% de eliminación de componentes olorosos.

- ✓ Límite de exposición TLV-TWA: 10 ppm ( $14 \text{ mg/m}^3$ )
- ✓ Límite de exposición TLV-STEL: 15 ppm ( $21 \text{ mg/m}^3$ )
- ✓ Límite de exposición TLV-C: 20 ppm ( $28 \text{ mg/m}^3$ )

Tabla 4. Umbrales del olor en el aire

Producto químico	Umbral del olor (ppm)	Descripción del olor
Ácido acético	1,0	Agrio
Acetona	100,0	Químicamente dulce

Monometil amina	0,021	Olor a pescado, acre
Trimetil amina	0,0021	Olor a pescado, acre
Amoniaco	46,8	Acre
Bisulfuro de carbono	0,21	Sulfuro vegetal
Cloro, gas	0,314	Blanqueador, acre
Sulfuro de difenilo	0,047	A goma quemada
Formaldehído	1,0	A heno o paja
Ácido sulfhídrico	0,0047	A huevos podridos
Metanol	100,0	Dulce
Cloruro de metilo	214,0	
Fenol	0,047	Medicinal

---

Es posible darse cuenta de la magnitud del problema del control de olores cuando se compara la detección de la acetona contra el ácido sulfhídrico. En el caso de la acetona, no se podría detectar una concentración de 80 ppm, ya que su valor de umbral es de 100 ppm. Sin embargo, una concentración de 0,008 ppm de H<sub>2</sub>S (cuatro órdenes de magnitud menos que el de acetona) constituiría un posible problema de olores, debido a que el valor umbral para el H<sub>2</sub>S es de sólo 0,0047 ppm. Por lo tanto, un valor de 0,008 ppm para el H<sub>2</sub>S se detectará con facilidad.

El ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) es el más venenoso de los gases naturales; se produce durante los procesos biológicos e industriales; es 6 veces más letal que el monóxido de carbono y la mitad de veces tan letal como el cianuro de hidrógeno. Cuando aparece como gas libre es cuando resulta más peligroso.

El H<sub>2</sub>S es una sustancia muy problemática en los sistemas de depuración debido a las propiedades físicas y químicas que posee:

- Incoloro.
- Forma una mezcla explosiva con una concentración de entre 4,3 y 46 por ciento por volumen. Esto constituye una gama extremadamente amplia. La

combustión espontánea se produce a los 260°C. Esta es una temperatura de encendido muy baja, ya que una colilla de cigarrillo no-fumada está a 232°C y aumenta su temperatura a sobre 260°C cuando se le fuma. Los vapores pueden viajar una distancia considerable hasta una fuente de encendido y luego retroceder con rapidez.

- Arde con una flama azul y produce anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), el cual es menos tóxico que el ácido sulfhídrico pero es muy irritante en los ojos y pulmones y puede provocar daños serios.
- Es más pesado que el aire, su densidad relativa es de 1,189 (la del aire es 1,000) a 16°C y 1 bar. Por lo tanto, el H<sub>2</sub>S se acumula en puntos bajos tales como los sótanos de los pozos.
- Es soluble tanto en agua (4 volúmenes de gas en 1 volumen de agua a 0°C) y en hidrocarburos líquidos.
- Es corrosivo a todos los metales de la serie electroquímica.
- Incompatibilidad: agentes oxidantes fuertes, y bases fuertes.
- Su punto de ebullición es de -60°C.
- Su punto de fusión es de -86°C.
- El ácido sulfhídrico permanece en la atmósfera por aproximadamente 18 horas.
- Cuando se libera en forma de gas se convierte en anhídrido sulfúrico y ácido sulfuroso.
- De olor repulsivo, muchas veces descrito como el olor de huevos podridos.

Es precisamente su característico olor y posibilidad de ser detectado a muy bajas concentraciones la principal causa de reclamaciones por parte de los vecinos de estaciones depuradoras, y el motivo primordial para la investigación y estudio de las diversas técnicas para su eliminación.

Se absorbe a través de la vía respiratoria o por exposición cutánea, oxidándose rápidamente en forma de metabolitos poco tóxicos, por lo que no hay

acumulación, la eliminación de este tóxico se efectúa en la orina, heces fecales y al respirar aire.

Este tóxico, actúa por dos mecanismos fundamentales:

- Local: Debido al contacto con la humedad de las mucosas, la cual produce irritación de las mismas.
- Sistémico: Al contacto por vía respiratoria, el ácido sulfhídrico pasa por el torrente sanguíneo y llega al hígado, con lo cual es oxidado de forma parcial, siendo transformado en sulfatos y tiosulfatos, productos inertes que son excretados del organismo por vía renal (orina). El ácido no oxidado por el hígado produce toxicidad dentro del paciente.

Se considera tóxico en extremo debido a la acción que ejerce sobre el sistema respiratorio, ya que se incorpora a nivel intracelular y mitocondrial, el anión de  $H_2S$  inhibe de manera importante, llegando incluso a bloquear el sistema de óxido reducción celular, impidiendo la salida del hidrogeno del compuesto oxidable de las enzimas derivadas de la nicotinamida y riboflavina, este bloqueo afecta de forma directa a las hemoproteínas conocidas como citocromos, y de los cuales el más importante es el A3 también conocido como citocromo oxidasa, produciendo una anoxia general en los tejidos.

El ácido sulfhídrico envenena a las personas al acumularse en la corriente sanguínea, paraliza los centros nerviosos cerebrales que controlan la respiración. Como resultado de ello, los pulmones no funcionan y se produce la asfixia. En un envenenamiento menos repentino puede causar dolor de cabeza, vómitos, tos, irritación en los ojos (y con fotofobia a keraconjutivitis) ampollas en los labios. El consumo o exposición al alcohol puede incrementar los efectos tóxicos

El peligro principal es el de muerte por inhalación. Cuando la cantidad de gas absorbido por la corriente sanguínea excede a la fácil oxidación, se provoca el

envenenamiento del cuerpo, con una acción general sobre el sistema nervioso. Rápidamente se produce una respiración trabajosa, y es posible que se presente la parálisis respiratoria inmediatamente después con concentraciones de 700 ppm y superiores a esta. Esta condición puede alcanzarse casi sin advertirlo ya que el olor del ácido sulfhídrico que originalmente se detectó puede desaparecer debido a la parálisis del sentido del olfato (anosmia). Entonces se produce la muerte por sofocación (asfixia) a menos que la persona expuesta sea llevada inmediatamente a donde haya aire fresco y se le estimule la respiración a través de respiración artificial. Si el paciente se recupera, usualmente queda una hipersensibilidad residual al H<sub>2</sub>S durante mucho tiempo.

Otros niveles de exposición más bajos pueden ocasionar los siguientes síntomas de manera individual o en combinaciones tales como dolor de cabeza, mareo, agitación, náuseas o problemas gastrointestinales, sequedad y sensación de dolor en la nariz, garganta y pecho, tos, somnolencia y ampollas en los labios.

Tabla 5. Efectos de la concentración de H<sub>2</sub>S sobre el ser humano

H <sub>2</sub> S (ppm)	Efectos sobre el ser humano
0,00047-4,6	<b>Olor perceptible</b>
4,6	Olor moderado, fácilmente detectable
10	Comienzo de irritación ocular. Nivel de exposición permisible de 8 horas
15	Nivel permisible de exposición de 15 minutos
50	Olor potente, exposición máxima 10 minutos
100	Tos, irritación ocular, pérdida del olfato después de una hora de exposición
200-300	Conjuntivitis notable e irritación de las vías respiratorias después de una hora de exposición. Posible muerte
500-700	Pérdida del sentido y posible muerte en 30 minutos
700-1000	Pérdida rápida del sentido, cese de la respiración y muerte

Más de 1000 Pérdida inmediata del sentido con cese rápido de la respiración y muerte en pocos minutos. La muerte puede ocurrir aún cuando se retire al herido a un sitio ventilado

---

Además de los problemas ocasionados por su molesto olor y su poder corrosivo, el sulfhídrico es también responsable de los inconvenientes generados en los sistemas de fangos activados y en el empleo de biogás producido en la digestión anaerobia, puesto que debe ser eliminado previamente para poder usar el biogás como combustible para la generación de energía eléctrica o calorífica (cogeneración).

Para el estudio del sistema de desodorización hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ◆ Cuál es el problema del olor.
- ◆ Naturaleza del olor.
- ◆ Determinación del volumen y características del aire a tratar.

Con estas consideraciones podremos determinar el grado de efectividad necesario y el sistema de tratamiento más adecuado.

Además deberemos tener en cuenta el conocimiento de las técnicas de ventilación industrial para disponer de un buen sistema de captación de la corriente gaseosa a tratar, que es la base fundamental del sistema de desodorización.

▪ **Problema del olor.**

Se ha estimado que los olores constituyen el principal motivo de rechazo del público en relación con la implantación de instalaciones de tratamientos de aguas residuales. En muchas zonas se han rechazado proyectos a causa del temor al desarrollo potencial de olores. A la vista de la importancia de los olores en el campo

de la gestión de las aguas residuales, resulta apropiado considerar los efectos que producen, cómo detectarlos, caracterizarlos y medirlos.

La importancia de los olores en términos humanos está relacionada primeramente con la tensión psicológica que originan más que con el daño que producen al organismo. Los olores molestos pueden afectar al apetito, inducir a menores consumos de agua, perjuicios a la respiración, náuseas y vómitos, y crear perturbaciones mentales. En situaciones extremas, los olores desagradables pueden conducir al deterioro de la dignidad personal y comunitaria, a interferir en las relaciones humanas, desanimar la inversión de capital, hacer descender el poder socioeconómico, y detener el crecimiento. Estos problemas pueden tener como resultado una disminución de los valores de las rentas y del mercado de las propiedades, de los ingresos por impuestos, y de las ventas.

El principal problema que presenta el olor en esta zona es de tipo externo de la estación, es decir, podemos considerarlo un problema de emisión al exterior de la estación depuradora puesto que la dispersión del olor desde los focos de emisión hasta las zonas más próximas de población hace que llegue una concentración suficiente como para causar molestias a los trabajadores de estas zonas y sobre todo con los viajeros que circulan por la carretera de El Portal, muy próxima a la emisión de olores.



### **3.3. CONTROL DE OLORES.**

En las plantas de tratamiento de aguas residuales, las principales causas de olores tienen su origen en:

- Agua residual séptica que contiene sulfuro de hidrógeno y otros compuestos olorosos.
- Residuos industriales evacuados a la red de alcantarillado.
- Residuos de desbaste y arenas sin lavar.
- Instalaciones de manipulación de fangos de fosas sépticas.
- Espumas en los tanques de sedimentación primaria.
- Procesos de tratamiento biológico sobrecargados.
- Espesadores de fangos.
- Operaciones de quemado del gas residual, cuando se emplean temperaturas inferiores a la óptima.
- Instalaciones de acondicionamiento y deshidratación de fangos.
- Incineradores de fangos.
- Fango digerido en eras de secado o en tanques de almacenamiento.
- Operaciones de compostaje de fangos.

#### **▪ Problemática del control de olores.**

La proliferación sistemática de olores en las plantas de tratamiento se puede minimizar prestando especial atención a algunos detalles de proyecto tales como la adopción de vertederos y entradas de agua sumergidas, cargas adecuadas de los procesos, contención de fuentes de olores, combustión de gases a las temperaturas adecuadas, y un buen mantenimiento de las instalaciones. No obstante, es conveniente tener presente que aún así los olores aparecerán de vez en cuando. Cuando esto sucede, es importante tomar medidas inmediatas para el control de los

mismos. Este hecho conllevará, con frecuencia, cambios operacionales o la adición de productos químicos tales como cloro, peróxido de hidrógeno, cal u ozono.

En los casos en los que las instalaciones de tratamiento se hallen en las proximidades de zonas urbanizadas, puede ser necesario cubrir algunas de las unidades de tratamiento, entre las que se pueden incluir las obras de entrada, decantadores primarios, y espesadores de fango. Cuando se cubran unidades de proceso, es necesario extraer y procurar tratamiento a los gases que se generan en los mismos. El método de tratamiento específico dependerá de las características de los compuestos olorosos. La habilitación de espacios de disipación de olores también puede resultar una medida efectiva para la protección de las zonas urbanizadas; en la Tabla se presentan ejemplos de distancias y radios de disipación de olores adoptados en el estado de Nueva York. Caso de que se adopten distancias de disipación, es necesario realizar estudios que permitan identificar el tipo y tamaño de la fuente de olores, las condiciones meteorológicas de la zona, las condiciones de disipación, y el tipo de zona urbanizada que exista en las proximidades.

Tabla 6. Distancias y radios de disipación.

Proceso de tratamiento	Distancia de amortiguamiento, m
	125
Tanque de sedimentación	
Filtro percolador	125
Tanque de aireación	150
Laguna aireada	300
Digestor de fango (aerobio o anaerobio)	150
Unidades de procesado de fangos	
Eras de secado al aire libre	150
Eras de secado cubiertas	125
Tanque de almacenamiento de fango	300
Espesador de fangos	300

Filtro de vacío	150
Oxidación por vía húmeda	450
Lecho de recarga de efluentes	250
Filtración de efluentes secundarios	
Abierta	150
Cerrada	60
Tratamiento avanzado del agua residual	
Filtración terciaria de efluentes	
Aire libre	100
Cerrados	60
Desnitrificación	100
Laguna de refinó	150
Aplicación al terreno	150

---

En casos en los que la proliferación de olores sucede de forma crónica, las posibles líneas de actuación para la resolución de estos problemas pueden incluir:

- Cambios operacionales en el proceso de tratamiento o mejora del nivel de tratamiento para eliminar las fuentes de olores.
- Control del agua residual evacuada a la red de alcantarillado y a la planta de tratamiento que pueda ser la causa de los malos olores.
- Control químico de la fase líquida (agua residual).

Cambios operacionales. Los cambios operacionales que se pueden llevar a cabo incluyen:

- Reducción de las sobrecargas a los procesos.
- Aumento del nivel de aireación en los procesos de tratamiento biológico.
- Aumento de la capacidad de la planta poniendo en funcionamiento las instalaciones de reserva, caso de que existan.
- Reducción de la masa de fangos existente en la planta.

- Aumento de la frecuencia de bombeo de fangos y espumas.
- Adición de agua de dilución dorada a los espesadores de fangos.
- Reducción de las turbulencias generadas por caída libre del agua mediante el control de los niveles del agua.
- Control de la liberación de aerosoles.
- Aumento de la frecuencia de evacuación de arenas y residuos.
- Aumento de la frecuencia de limpieza de las acumulaciones de compuestos olorosos.

Control de los vertidos a la red de alcantarillado. El control de los vertidos a la red de alcantarillado se puede llevar a cabo:

- Adoptando normativas de vertido de residuos más restrictivas y reforzando la obligatoriedad de su cumplimiento.
- Obligando al pretratamiento de los vertidos industriales.
- Exigiendo la regulación de caudales en las fuentes de origen.

Control de olores en la fase líquida. El control de la emisión de olores en la fase líquida se puede llevar a cabo:

- Manteniendo las condiciones aerobias aumentando el nivel de aireación para añadir oxígeno, mejorando el mezclado, o añadiendo peróxido de hidrógeno o aire en conductos de impulsión de gran longitud.
- Controlando el crecimiento microbiano anaerobio por desinfección o por control del pH.
- Oxidando los compuestos olorosos mediante la adición de productos químicos.
- Controlando la turbulencia.

▪ **Control de gases olorosos.**

Los principales métodos existentes para el control de los gases olorosos se pueden clasificar en físicos, biológicos, y químicos.

El proyecto de los procesos de desodorización por lavado químico se ha mejorado con el fin de aumentar la eficiencia de la eliminación de olores y para reducir los niveles de olor finales. Los sistemas de lavado húmedo incluyen las torres de circulación a contracorriente, cámaras de absorción por rociado con agua y el lavado de flujo transversal.

El objetivo básico de cada tipología es promover el contacto entre el aire, el agua y los productos químicos (si se emplean), para provocar la oxidación o el arrastre de los compuestos olorosos.

El lavado por oxidación con líquidos se suele realizar con disoluciones de cloro (especialmente con hipoclorito de sodio) y de permanganato potásico. En sistemas en los que las concentraciones de H<sub>2</sub>S son elevadas, también se usa hidróxido de sodio. El lavado con hipocloritos suele eliminar los gases olorosos oxidables cuando las concentraciones de otros gases son mínimas. En los casos en los que las concentraciones de gases olorosos siguen siendo demasiado elevadas después del lavado, se pueden instalar unidades de desodorización de varias etapas. Los pasos a seguir a la hora de proyectar un sistema de desodorización por lavado húmedo incluyen:

- Determinación de los volúmenes y características del gas a tratar.
- Definición de los límites de emisión para los gases tratados.
- Elección del líquido de lavado en función de la naturaleza química y de la concentración de los compuestos olorosos a eliminar.
- Desarrollo de estudios a escala de planta piloto y determinación de los criterios de diseño y de funcionamiento.

La adsorción sobre carbón activado se usa muy raramente en el control de olores. El carbón activado presenta diferentes niveles de adsorción para diferentes sustancias. Puede resultar efectivo para la eliminación del sulfuro de hidrógeno, y se puede emplear para la reducción de olores de origen orgánico. También se ha podido comprobar que la eliminación de olores depende de la concentración de hidrocarburos en el gas a tratar. Parece ser que los hidrocarburos se adsorben antes de que se elimine el H<sub>2</sub>S. Si se desea emplear carbón activado, es necesario conocer la composición de los gases olorosos a tratar. Para poder eliminar los olores de forma continua, el carbón se debe sustituir o regenerar periódicamente, ya que la vida del lecho de carbón activado es limitada.

En ocasiones, se emplean sistemas de doble etapa, en los que la primera etapa es un proceso de lavado químico y la segunda es un tratamiento con carbón activado.

Un método de control biológico de olores es el uso de un filtro de suelo o de compost. En este sistema, las superficies de contacto necesarias para que se lleven a cabo las reacciones microbiológicas de oxidación de los compuestos olorosos se consiguen en un medio sólido húmedo de suelo o de fango comportado. De cara a la actividad de los microorganismos, la humedad y la temperatura son condiciones ambientales de gran importancia. En estos sistemas, el tiempo de residencia del aire contaminado suele ser de 15 a 30 segundos o superior. Para una concentración de H<sub>2</sub>S de 20 mg/l, se han empleado profundidades de lecho de hasta 3 m, con factores de carga del lecho de hasta 0,61 m<sup>3</sup>/min·m<sup>2</sup> de superficie del lecho.

El método específico a emplear variará en función de las condiciones particulares de cada caso. Sin embargo, dado que las medidas para el control de olores tienden a ser caras, en todos los casos se deberá evaluar el coste de los cambios en los procesos o de las modificaciones en las instalaciones para eliminar el desarrollo de olores, y llevar a cabo una comparación con el coste de la implantación

de las diversas medidas alternativas de control de olores antes de proceder a adoptarlas.

### **3.4. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.**

El objetivo principal será la eliminación de la concentración de los compuestos olorosos con un rendimiento del 95%, para paliar los posibles daños sobre los seres humanos, animales, plantas, patrimonio, etc., así como otros aspectos muy difíciles de cuantificar (estética, efectos a largo plazo, alteraciones naturales), además de no sobrepasar el límite de emisión máxima autorizada (20 ppm para el H<sub>2</sub>S) ni las concentraciones medias de exposición al H<sub>2</sub>S en 30 minutos (100 µg/m<sup>3</sup> de aire) y en 24 horas (40 µg/m<sup>3</sup> de aire).

# **MEMORIA DESCRIPTIVA**



## ÍNDICE:

<b>1. DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES .....</b>	<b>63</b>
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL LÍNEA PRETRATAMIENTO .....	63
1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS EXISTENTES EN EL PRETRATAMIENTO .....	77
1.3. OBJETO DEL PROYECTO .....	87
1.4. DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES .....	88
1.5. DESCRIPCIÓN DEL PRETRATAMIENTO TRAS LA EJECUCIÓN DE LAS MODIFICACIONES .....	94
1.6. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS A INTRODUCIR .....	98
<b>2. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA .....</b>	<b>107</b>

## **1. DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES.**

### **1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL LÍNEA PRETRATAMIENTO.**

La planta está alimentada a partir de dos colectores; el colector GENERAL que procede del N.E. y cruza la línea de ferrocarril MADRID-CÁDIZ y el colector OESTE. Mediante ellos al agua a tratar entra en la Estación Depuradora de Aguas Residuales y por la acción de varios procesos se realiza una separación de materias cuyo fin es evitar problemas en los tratamientos posteriores.

Procedemos a la descripción detallada de cada uno de los sistemas de tratamiento:

#### **▪ OBRAS DE CONEXIÓN.**

Dado el punto de ubicación del bombeo, existe una toma en el colector Oeste, y una prolongación o modificación del último tramo del colector General en el tramo interior a la parcela. La obra de unión permite mediante un juego de compuertas aislar los caudales por el colector Oeste.

Esta obra está equipada de un juego de compuertas, así como unas fosas de retención que permite mantener si se desea, el canal con su capacidad máxima de desagüe. La conexión del colector Oeste con el Pozo de Gruesos (con un volumen de 260 m<sup>3</sup>) se realiza mediante un conducto de 150 mm realizado en el hormigón armado.

El caudal máximo que entra en la planta es de 103.680 m<sup>3</sup>/día (4.320 m<sup>3</sup>/h) y el caudal medio de entrada es 54.000 m<sup>3</sup>/día (2.250 m<sup>3</sup>/h).

La primera operación de tratamiento es un predesarenado de las aguas en dicho Pozo, a fin de eliminar las gravas y arenas gruesas arrastradas por las aguas principalmente en tiempo de lluvia, además de la eliminación de toda materia sólida de gran tamaño, de tal forma que se evite el arrastre de sólidos de grande dimensiones para proteger las instalaciones posteriores. Las dimensiones del Pozo son las siguientes: 9,85 m de longitud, 6 m de anchura y 4,6 m de calado para el caudal máximo de agua. La superficie horizontal es, por tanto, 59,1 m<sup>2</sup> y esto da lugar a una velocidad ascensional de 38,1 m/h a Q medio y 73,1 m/h a Q máximo. El tiempo de retención a Q medio es de 7 minutos y para Q máximo 3,6 minutos (ver Memoria Técnica).

Se ha dotado este punto con una estructura y un puente grúa que permite instalar una cuchara anfibia de limpieza para extraer arenas y otros depósitos. La extracción de las gravas se realizará mediante una cuchara bivalva anfibia de 300 litros de capacidad, suspendida de un puente grúa y sistema de elevación de 2.500 kg de carga, que permite su desplazamiento a cualquier punto del pozo. El fondo del pozo estará protegido contra los golpes de la cuchara bivalva por perfiles de acero parcialmente embebidos en el hormigón.

La unión de los canales del colector Oeste con el pozo de bombeo, se realiza a partir de dos compuertas, de las siguientes características:

Tipo	Compuerta
Anchura	1 m
Altura	1 m
Estanqueidad	4 lados
Accionamiento	Manual
Material	Galvanizado e inoxidable

El desvío de las aguas procedentes del colector Oeste se consigue mediante la colocación en el canal de cuatro compuertas, dos de cada parte del canal, de las siguientes características:

Tipo	Compuerta – Vertedero de seguridad
Anchura	2 m
Altura	1 m
Material	Acero galvanizado
Accionamiento	Automático con contrapeso y accionamiento a falta de corriente

Esta obra de toma se cubre mediante una estructura de trames que permita el realizar cómodamente las operaciones de mantenimiento.

En el conjunto de obras de urbanización y servicios generales se contempla que este punto tenga fácil acceso y esté equipado de una toma de agua a presión y de una toma de corriente eléctrica de fuerte amperaje.

La conexión del Colector General a la cota de variante 3,06 se realiza mediante una obra de entronque conservando las mismas características del colector existente y cuidando las formas de la obra de conexión.

En el punto de unión con el pozo se ha previsto una compuerta de aislamiento de la obra de llegada, para poder realizar tareas de mantenimiento y de conexión con el canal de desagüe general para poder dejar la planta fuera de servicio.

Las características de la compuerta son:

Tipo	Compuerta
Anchura	1,4 m

Altura	1,5 m
Material	Galvanizado e inoxidable
Accionamiento	Manual

Se ha instalado un aliviadero para permitir descargar este colector al canal en donde descarga el Colector Oeste.

Este canal estará equipado de aliviaderos de seguridad que permiten utilizar toda la capacidad hidráulica del canal existente.

▪ **BOMBEO.**

Como se ha comentado ya, el bombeo está precedido de un pozo en donde se reúnen los dos colectores, así como los vertidos de la propia planta.

Este pozo se ha calculado para retener gruesos y servir de protección al bombeo, la obra está equipada con una cuchara de extracción y con perfiles de ferrocarril embebidos en el hormigón, para evitar dañar la obra con la cuchara de extracción de arenas.

El acceso a los Tornillos se realiza a través de un desbaste de protección, formado por carriles de ferrocarril con una separación de 300 mm.

Las características de las compuertas serán las siguientes:

Anchura	0,8 m
Altura	1,2 m
Material	Acero galvanizado e inoxidable
Accionamiento	Manual + automático

Estas compuertas están previstas con gran altura para permitir el paso de los flotantes en una amplia gama de caudales.

Se ha cuidado específicamente el sistema de extracción mediante una cuchara anfibia, oleohidráulica, que carga automáticamente un contenedor situado en una zona especialmente concebida en cuento a limpiezas y drenajes, cubierta y ventilada para reducir olores.

El bombeo se ha previsto realizarlo mediante cuatro unidades de tornillos de Arquímedes. Su capacidad de trabajo es de 2.250 m<sup>3</sup>/h por cada tornillo, de forma que puede impulsar, de forma extraordinaria, unos 9.000 m<sup>3</sup>/h. Si bien las necesidades de la planta hace que sea suficiente trabajar con sólo un equipo de bombeo o con dos.

El accionamiento de las distintas bombas se activará a través de los interruptores de nivel, de tipo flotador, que se instalará en el pozo. Cuando se sobrepasa el nivel de consigna de 280 cm en el Pozo de Gruesos, se arranca un segundo tornillo y está un mínimo de 180 minutos en funcionamiento y transcurrido ese tiempo si el nivel está por debajo de 150 cm se para. No obstante, el primer tornillo tiene un variador de frecuencia que reduce su velocidad para que el caudal total de entrada no supere una cantidad modificable (ahora está prevista en 3.500 m<sup>3</sup>/h. En caso de llegadas de caudales muy elevados (normalmente por lluvias) a planta no se usa dicho variador, de forma que se pueden elevar 4.500 m<sup>3</sup>/h entre los dos, satisfaciendo el caudal punta de la planta).

A modo de ejemplo, si en la planta entrara agua residual a caudal medio (incluidos vaciados de planta y los reboses de la línea de lodos = 150 m<sup>3</sup>/h) y se trabajara con el bombeo de un solo Tornillo, se alcanzarían los 280 cm del Pozo a los 30,4 minutos y con ello la activación de un segundo Tornillo de Arquímedes.

La elección de la cota de aspiración (2,99 m) permite asegurar el mantener el Colector Oeste, y el Colector General descargando sin ningún tipo de remanso, por lo que no se producirán depósitos debido a falta de velocidad en el colector.

La cota de rasante de la obra de llegada permitirá enviar todos lo vaciados y demás efluentes de la planta al pozo de bombeo. La cota de aspiración de los tornillos está fijada de tal manera que tengan en cuenta los grandes caudales de los colectores, y el retorno de todos los vaciados de la planta.

El vaciado del pozo de bombeo se consigue comunicando dicho pozo con el pozo auxiliar, mediante una compuerta de 0.5x0.5 m. De forma que con una bomba sumergida podamos proceder a su vaciado.

La cota de rasante de la obra de llegada permitirá enviar todos lo vaciados y demás efluentes de la planta al pozo de bombeo. Se ha fijado la cota de aspiración de los tornillos de tal manera que tengan en cuenta los grandes caudales de los colectores, y el retorno de todos los vaciados de la planta.

Todos los efluentes de la planta, que no puedan acceder a esta cota serán conducidos por gravedad a un pozo de bombeo auxiliar, lo que permite reincorporarlos al tratamiento.

Estas bombas irían ubicadas en un pozo adosado a las balsas del biológico. El funcionamiento de este bombeo es totalmente automático, incluyendo un permutador en el arranque de las bombas. Éstas permitirán, mediante una comunicación por compuerta de 0.5x0.5 m de funcionamiento manual, el vaciar el pozo de bombeo general de la planta.

▪ **ALIVIADERO Y BY-PASS – MEDIDAS.**

Esta obra se ha proyectado intentando evitar puntos muertos y cuidando pendientes y formas, para evitar depósitos a bajos caudales, lo que produciría focos de malos olores. La obra se agrupa con el pretratamiento y está ubicada en parte en el interior de un edificio.

En este punto hay una medida de pH, temperatura y concentración con posibilidad de by-pasear el caudal en caso de necesidad.

La obra de llegada agrupa el aliviadero automático de la planta, el acceso al circuito de by-pass y el acceso a los canales de desbaste.

Las características de los aliviaderos calculados para el año horizonte, serian los siguientes:

Caudal máx. de bombeo (incluso reserva)	2,7 m <sup>3</sup> /s
Cota para caudal máximo	8,12
Cota del aliviadero	8,22
Longitud del aliviadero	5 m
Lámina de agua para 2.7 m <sup>3</sup> /s	0,40 m
Cota agua en cond. de máximo alivio	8,6 m
Diámetro de by-pass	1,5 m
Sección del by-pass	1,76 m <sup>2</sup>
Velocidad para 2.7 m <sup>3</sup> /s	1,5 m/s
Velocidad para 1.755 m <sup>3</sup> /s	0,99 m/s

Con el objeto de permitir un desagüe al by-pass, sin necesidad de pasar por el aliviadero y provocar un aumento innecesario de la lamina de agua, se ha previsto un sistema de desagüe al by-pass mediante compuerta.

Tipo de compuerta	Automática + Manual
Dimensiones	1 x 1 m



Material	Acero galvanizado con marco y husillo inoxidable
Sección	1 m <sup>2</sup>
Velocidad de paso a caudal máximo	1,7 m/s
Carga necesaria	0,25 m

Se ha previsto un sistema de registro de posición de esta compuerta, para dejar constancia de su utilización en el reloj y calendario del ordenador.

▪ **DESBASTE.**

El desbaste se ha previsto en tres líneas independientes capaces de soportar el caudal futuro, formados por tres canales dispuestos en paralelo.

Este desbaste consta de un desbaste de tipo intermedio, seguido de un tamizado en dos pasos, ya que se entiende que el costo del tamizado compensa enormemente en las ventajas que representa para la explotación de la planta.

Con este tamizado en cabeza se pasa de uno a cuatro el volumen de desechos eliminados en pretratamiento, reduciéndose los trabajos de limpieza y desengrase y decantación primaria.

El dimensionamiento del desbaste se ha realizado de tal manera que mediante uno solo de los tres canales se pueda dar servicio, en condiciones razonables, a caudal punta. En el caso de importantes lluvias o un excesivo ensuciamiento se pondría en marcha un segundo canal de desbaste de forma que se trabaje de forma mas desahogada para no forzar el tamiz. Además de todo ello dispondríamos de un tercer canal que permitiría realizar operaciones de mantenimiento cuando fueran necesarios.

Las rejas tienen un sistema que permite desplazar verticalmente el plano de la reja unos 15 cm, de forma manual, para, eventualmente, limpiar los depósitos de arenas.

El funcionamiento automático de las rejas y tamices se ha previsto mediante un doble circuito de diferencia de nivel aguas arriba y por temporización. Hay incluido también un sistema de limitador par. El tamizado permite eliminar multitud de pequeños objetos que atraviesan las rejas de desbaste fino y que provocan depósitos, obstrucciones, olores, etc. en la línea de agua y en la de fangos. Prácticamente todas las nuevas depuradoras europeas incluyen una fase de tamizado de finos en sus procesos para hacer frente a las demandas actuales en el tratamiento de las aguas residuales:

- Normas cada vez más estrictas en el tratamiento de aguas residuales.
- Aumento en la cantidad de sólidos no degradables en forma de fibras, plásticos y desechables sanitarios que acaban en la red de alcantarillado.

En la planta existen (en todos los canales, excepto en el C que no hay tamiz de 10 mm) dos tamices en serie con paso de 10 y 4 mm respectivamente.

La recepción de desechos (tanto para rejas como para tamices) se realizaría en una cinta transportadora con protección lateral igual que la prevista para las rejas. Ésta alimenta una prensa de desechos y un contenedor.

La cinta de alimentación de la prensa de desechos tiene dos sentidos de marcha para poder, eventualmente, si la prensa está fuera de servicio, cargar directamente el contenedor.

Con la prensa se van a conseguir los siguientes objetivos:

- Disminuir la humedad al prensar los residuos, disminuyéndose así peso y volumen para transporte.
- Al reducir la humedad se retrasa el proceso de fermentación, y en consecuencia los olores. Permite la retirada de estos productos prensados con una periodicidad mayor.

El agua de salida de este pretratamiento de desbaste estará exenta de partículas superiores a los 4 mm, lo que facilitará la explotación y alargará la vida de los equipos.

La salida del tamizado está protegida por tres compuertas, de tal manera que queda siempre una línea en reserva e cualquiera de las otras dos. Las características de estas compuertas son:

Tipo	Accionamiento automático
Anchura	0,6 m
Altura	1,5 m
Sección	0,9 m <sup>2</sup>
Velocidad máxima	0,5 m/s
Materiales	Galvanizado e inoxidable

#### ▪ **TRATAMIENTO DE OLORES.**

El sistema de desodorización se encuentra en el edificio de la obra de llegada y desbaste, ya que es el más afectado por el problema de olores y el más cercano a los espesadores.

Dada la distancia entre este punto y el edificio de secado se ha previsto un sistema independiente de este edificio, donde el olor será mucho menos intenso, dado que trabajaríamos con fango digerido.

El sistema actúa de forma que, mediante la acción de unos ventiladores aspiradores, los olores son capturados por un conjunto de rejillas colocados en conducciones, que a su vez transportan dichos gases hasta las columnas para su posterior tratamiento.

La solución aplicada es tratar los gases en una doble columna de lavado alimentada con un oxidante y lavada a contracorriente con agua acidulada (NaClO) en la primera columna y agua con álcalis en la segunda (NaOH). El gas y los reactivos se ponen en contacto en contracorriente en dichas torres de desodorización.

Con ello ya tenemos los gases listos para ser emitidos a la atmósfera sin riesgo de contaminación.

#### ▪ **DESARENADO Y DESENGRASE.**

Para el desarenado y desengrase se ha optado por una obra mixta que reúna las condiciones para retener la arena y retener grasa, aceites y pequeños flotantes, pero con unos criterios muy amplios para facilitar la explotación y mantenimiento en el resto de la planta.

Consta de 3 líneas donde desemboca el agua libre de residuos sólidos tras su paso por el desbaste. El procedimiento utilizado, para proceder a la separación de la arena del agua residual, consiste en provocar una reducción de la velocidad del agua por debajo de los límites de precipitación de los granos de dichas arenas, pero por encima de los de sedimentación de la materia orgánica. De no cumplirse esta última condición, se producirían depósitos de materia, susceptibles de fermentación, que produciría malos olores y sería de incómodo manejo.

Estos desarenadores-desengrasadores están equipados con compuertas en las que se ha respetado el mismo principio que en desbaste de que puedan pasar los sólidos flotantes, grasas, elementos que pueden haber atravesado el desbaste tamizado, y que los podemos detener en la zona de desengrase.

Tipo de compuerta	Automáticas + manual
Número	3
Accionamiento	Motorizado y manual
Materiales	Acero galvanizado e inoxidable
Ancho	1 m
Altura	1,5 m
Sección	1,5 m <sup>2</sup>
Velocidad máxima	0,41 m/s

En la salida se ha respetado una sección que permita una velocidad máxima de 1 m/s para evitar elevadas pérdidas de carga.

Número de compuertas	3
Accionamiento	Motorizado y manual
Materiales	Acero galvanizado e inoxidable
Ancho	0,8 m
Altura	0,8 m
Sección	0,64 m <sup>2</sup>
Velocidad máxima	0,97 m/s

El equilibrio hidráulico en los tres canales de desarenado se consigue mediante vertederos regulables automáticamente a la salida de los canales. De esta forma aseguramos también un nivel de agua fijo para eliminar más fácilmente las grasas y flotantes.

El cálculo de vertederos para evitar desplazamientos del plano de agua superior al margen de grasa, es el siguiente:

Caudal máximo	4.910 m <sup>3</sup> /h
Caudal mínimo	3.348 m <sup>3</sup> /h
Diferencia	1.692 m <sup>3</sup> /h
Longitud del vertedero	13,5 m
Diferencia lámina de agua	0,08 m
Margen del recogedor de grasas	0,2 m

Estos tres canales están barridos por tres puentes con movimiento de vaivén del que van suspendidos varios equipos:

- Rasquetas de fondo para reducir los depósitos de las pendientes.
- Rasquetas de superficie para coleccionar los flotantes.
- Bombas de extracción de arenas.
- Sistema de marcha: motorreductor de dos sentidos de giro y circuito programable para realizar barridos intermitentes.

Las arenas y los depósitos se recogerán en el fondo de los canales y se extraerán mediante tres bombas que se mueven solidariamente al puente y que están especialmente concebidas para este trabajo. Estas arenas se envían a un clasificador de vaivén para su escurrido y carga directa a un contenedor.

Una de las principales misiones de esta obra es la de retener las grasas y aceites, para evitar los problemas que posteriores causan en la planta, principalmente en la digestión.

Para favorecer un verdadero efecto de captación de grasas y flotantes (y no el causado por burbujas gruesas que sirve más para airear estos canales y para crear

un movimiento que empuje a los flotantes a una cierta zona del desengrasador) existe una aireación mediante burbuja extrafina por el sistema de difusión FLYGT o ABS, basado en el efecto VENTURI con las siguientes ventajas:

- Produce unas burbujas muy finas y comparables a las de un flotador mecánico.
- No se obtura ni colmata como lo haría un disco u otro elemento poroso sumergido en el desarenador.
- Tiene un consumo energético del mismo orden que el de los compresores para burbuja gruesa utilizados comúnmente.
- El rendimiento de captación de pequeños flotantes es muy alto, y permite evitar gran parte de los problemas que se presentan, tanto en aireación como en digestión con los flotantes.
- Tiene un nivel de ruido muy inferior al de los compresores.

Los flotantes se recogen en el canal mediante unas rasquetas de superficie, lo mismo que en un decantador primario rectangular.

La rasqueta empuja la grasa y flotantes a un canal de recepción en donde se recogen y envían a la obra del desnatador en donde son retiradas para cargar directamente un contenedor.

En el momento de llegada de las rasquetas de grasa al punto de extracción, se abre una válvula automática que provoca un fuerte caudal de agua que arrastra la grasa al circuito del desnatador.

Cada canal de desarenado-desengrase lleva un sistema de parada de seguridad, protegido por cerradura con llave extraíble, dejando fuera de servicio el automatismo de esta zona.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS EXISTENTES EN EL PRETRATAMIENTO.

En el proceso de Pretratamiento destacan principalmente los siguientes equipos:

### ▪ CUCHARA BIVALVA.

Consiste en un sistema de extracción de grandes sólidos y grandes cantidades de arenas mediante una cuchara anfibia, olehidráulica, que carga automáticamente un contenedor situado en una zona especialmente concebida a limpiezas y drenajes, cubierta y ventilada para reducir olores.

La cuchara es de accionamiento electrohidráulico mediante cilindros que accionan la apertura y cierre de las valvas, de forma que los residuos son prensados y deshidratados paralelamente.

Diseñada para elevar una determinada capacidad, está suspendida mediante polipasto eléctrico, que se sumerge en el agua, por lo que el cuerpo central, en donde se encuentra alojada la centralita hidráulica así como el depósito de aceite, es totalmente estanco.

Las valvas llevan orificios de escurrido para permitir que se disminuya el grado de humedad de los sólidos retenidos.

Aunque pueden automatizarse, el manejo de las cucharas es mediante botonera, manipulada por operario.

El material apto para manipular por la cuchara es piedra, arena, lodos, fangos y cascarilla con una densidad de hasta  $2,2 \text{ Tn/m}^3$ .



La cuchara posee unas dimensiones de 1495x860x1250 cuando está cerrada y de 1405x860x1770 cuando se encuentra abierta.

El dispositivo de apertura y cierre es del tipo Doble electroimán, distribuidor de 4 vías y tres posiciones. El tiempo de cierre es 4 segundos y el de apertura 8 segundos.

Posee 2 cilindros de doble efecto, bioarticulados y sumergibles.

La cuchara está construida en acero laminado. Las valvas son de acero A-42b y sus labios poseen un perfil de dureza Brinell 500 HB.

El accionamiento es del tipo electrohidráulico, con una potencia de 3 kW, una tensión de servicio de 220/380V 50 Hz y una velocidad de 1.400 r.p.m. La protección es IP-45 y su aislamiento es de la clase F.

La bomba hidráulica es de alta presión, trabajando a una presión máxima de 100 bar.

#### ▪ **TORNILLOS DE ARQUÍMEDES.**

Las bombas, que elevan el agua procedente de los colectores y que posibilitan el posterior trasiego de ésta por toda la planta mediante la acción de la gravedad, son cuatro y de tipo tornillo. Se suele utilizar, de forma habitual, sólo una de ellas, quedando las demás en reserva, preparadas para actuar en circunstancias especiales (lluvias, recirculación desde el depósito de lodos,...).

El caudal unitario que pueden transportar es de 2.250 m<sup>3</sup>/h, con una capacidad máxima extraordinaria para ascender de 9.000 m<sup>3</sup>/h de agua bruta.

La cota de aspiración es de 2,99, mientras que la de impulsión es de 8,11 y una altura máxima entre láminas de 6,12.

Los tornillos tienen una longitud total de 14 m, siendo de 13,42 m la longitud de la hélice. Su diámetro es 1.800 mm. La inclinación que poseen es de 33° con respecto a la horizontal.

La velocidad de giro es de 34 r/m. La potencia absorbida unitaria es 67,7 kW, la potencia instalada unitaria 90 kW, la total instalada 360 kW y la potencia del reductor 175 kW. El factor de servicio es de 2,5. La protección del motor es IP-55.

Tanto el eje como la hélice de los tornillos están fabricados en acero 42-b.

Estas bombas, con respecto a otras, tienen las siguientes ventajas:

- No precisan rejillas o elementos de desbaste previos.
- No requieren un pozo de toma amplio y profundo.
- Tienen un rendimiento alto del 33% al 70%.
- Funcionan a velocidades relativamente bajas (20 a 120 r.p.m.), reduciéndose considerablemente el fenómeno de abrasión.
- No precisan regulación ante oscilaciones de caudal.
- No rompen los flóculos de los procesos biológicos.

#### ▪ **BOMBEO AUXILIAR.**

Es el responsable de reintroducir al tratamiento a todos los efluentes producidos en Planta que no son capaces de alcanzar la cota de aspiración de los Tornillos de Arquímedes.

Estas bombas están ubicadas en un pozo adosado a las balsas del biológico. El funcionamiento de este bombeo es totalmente automático, incluyendo un permutador en el arranque de las bombas.

Estas bombas permitirán, mediante una comunicación por compuerta de 0.5 x 0.5 m. de funcionamiento manual, el vaciar el pozo de bombeo general de la planta.

Para este bombeo se han previsto tres bombas de la marca ABS o FLYGT, del tipo sumergida.

Trabajan con un caudal de 750 m<sup>3</sup>/h, con una pérdida de carga de 4 m.c.a. y a una potencia de 22 kW.

#### ▪ **REJAS.**

Se encargan, junto con los tamices, de separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos posteriores.

Consta de 3 rejas verticales de limpieza automática con peine móvil tipo cesta, cuyo caudal máximo unitario que serían capaces de tratar es de 4.320 m<sup>3</sup>/h (0,706 m<sup>3</sup>/h), si bien el caudal medio unitario que suele tratar es 2.250 m<sup>3</sup>/h (0,376 m<sup>3</sup>/s).

El paso de las rejas es 25 mm y el espesor de los barrotes 12 mm. Cuenta con un coeficiente de sección de 0,67. la sección útil unitaria de reja es 1,5 m<sup>2</sup> (sección total de 4,5 m<sup>2</sup>). La reja tiene una anchura de 1 m y soporta una altura máxima de agua de 1,5 m, siendo 2 m la altura total del canal. La pérdida de carga máxima se sitúa en 0,1 m.

La velocidad de paso a su través es 1 m/s a caudal medio y 1,3 m/s a caudal máximo. Suele trabajar con un grado de colmatación de 0,3 (coeficiente de paso libre de 0,7).

Velocidades de paso para 30% de colmatación:

Caudal medio 1ª fase: 0.53 m/s

Caudal máximo 1ª fase: 0.60 m/s

La capacidad de elevación de la reja es de 1.000 kg y posee una potencia unitaria de 1,5 kW (4,5 en total).

La reja y el peine están contruidos de acero inoxidable AISI-316 L, el material del bastidor de acero galvanizado en caliente y con una protección del motor IP-55.

#### ▪ **TAMICES.**

El sistema de tamizado está compuesto por un conjunto formado por 2 tamices de plano de perfil JOHNSON de 10 mm y otro formado por 3 tamices con el mismo perfil pero con un paso de 4 mm entre barrotes. La limpieza de los residuos que quedan entre los barrotes se realiza por mediación de un rastrillo oleohidráulico de movimiento automático. Este sistema de automatismo estaría compuesto por un sistema de pérdida de carga y tiempo, lo mismo que el desbaste fino. La recepción de desechos se realizaría en una cinta transportadora con protección lateral igual que la del desbaste fino.

Cada tamiz posee una superficie de 3 m<sup>2</sup> y una anchura de 2 m. Va a trabajar en condiciones en la que la altura del agua pueda alcanzar los 1,5 m. La máxima pérdida de carga que puede llegar a soportar es de 0,3-0,5 m.

La potencia unitaria se encuentra en 1,5 kW.

Tanto el tamiz como el rastrillo están fabricados en acero inoxidable AISI-316 L, mientras que la estructura es de acero galvanizado en caliente. La protección de los motores es IP-55.

#### ▪ **TORRES DE TRATAMIENTO DE OLORES.**

Con esta instalación se conseguirá eliminar o reducir la carga tóxica de los gases que se desprenden de las aguas residuales (además de reducir los olores que ellos producen) debida a procesos de descomposición de la materia orgánica. Ésta consta de 2 torres de poliéster y fibra de vidrio de 5,3 m de altura y 2,5 m de diámetro, poseyendo un volumen de relleno de anillos Pall (2") de 9,8 m<sup>3</sup>.

Como fluidos ácido-base utilizados están el hipoclorito de sodio y la sosa mediante dos bombas dosificadoras. Soporta trabajar a un caudal de 35 m<sup>3</sup>/s y tratar 20.000 Nm<sup>3</sup>/h.

La potencia de los ventiladores es de 4 kW, la altura manométrica 5 m y la presión de salida 12 mm.

Cuenta con dos depósitos para los reactivos (sosa cáustica/hipoclorito) de 500 litros cada uno.

Los dos ventiladores son de baja presión y son capaces de desplazar 10.000 Nm<sup>3</sup>/h (20.000 Nm<sup>3</sup>/h en total). La potencia de trabajo de cada uno de ellos es de 3,5 kW a 700 r.p.m. y cuya presión diferencial neta es de 70 mm. Se dispone en toda la sala de una serie de rejillas de aspiración por la que se introducen los gases contaminantes, pero al estar a una altura muy considerable y teniendo en cuenta

que el SH<sub>2</sub> es más pesado que el aire, este sistema es muy deficiente y necesita ser sustituido.

▪ **DESARENADOR.**

El sistema desarenador consta de 3 líneas que pueden soportar un aporte unitario medio de 1.800 m<sup>3</sup>/h (2.100 m<sup>3</sup>/h a caudal máximo), de tal forma que el agua adquiere una velocidad ascensional menor a 10 m/h a caudal medio (menos de 15 m/h a caudal punta) y un tiempo de retención de dicha agua en los desarenadores mayores de 20 minutos a caudal medio (15 minutos a caudal punta).

Sus dimensiones para dichas características son: 4,5 m de ancho y 40 m de longitud, por lo que consta de 180 m<sup>2</sup> de superficie unitaria (540 m<sup>2</sup> en total). La altura media útil es 3,9 m y la sección transversal unitaria 15,3 m<sup>2</sup> (45,9 m<sup>2</sup> total). El volumen útil unitario se sitúa en 612 m<sup>3</sup> (1.836 m<sup>3</sup> totales), de tal forma que el volumen total de la obra es 2.106 m<sup>3</sup>.

En el caso de funcionar con dos canales, uno fuera de servicio y el caudal de primera fase, las condiciones de funcionamiento serían las siguientes:

Caudal medio	4.320 m <sup>3</sup> /h
Caudal máximo	4.918 m <sup>3</sup> /h
Superficie total	360 m <sup>2</sup>
Volumen total	1.224 m <sup>3</sup>
Velocidad ascensional:	
- Caudal máximo	13,6 m/h
- Caudal medio	12 m/h
Velocidad transversal:	
- Caudal máximo	0,043 m/h
- Caudal medio	12 m/h

Tiempo de retención:	
- Caudal máximo	14,6 min
- Caudal medio	17 min

A partir de los datos estadísticos para este tipo de plantas, hemos hecho una estimación del volumen de arenas.

Volumen medio de arenas	5 m <sup>3</sup> /día (4% del caudal)
Volumen máximo	19 m <sup>3</sup> / día (15% del caudal)

Para la extracción de la arena del fondo del desarenador se han previsto:

Número de bombas instaladas	3
Caudal unitario	60 m <sup>3</sup> /h
Caudal total	180 m <sup>3</sup> /h
Altura	4 m.c.a.
Tipo de rodete	Desplazado
Material de rodete fundición	NI – HARD (WENCO)
Potencia unitaria	3 kW
Potencia útil instalada	9 kW

Esta bombas alimentan unos canales de recogida de la mezcla agua-arena para conducirla a un clasificador-escurridor de arena.

Las características técnicas de este equipo son:

Tipo de escurridor	Clasificador vaivén
Ancho	450 mm

Longitud	4 m
Inclinación	15°
Sistema de automatismo	Temporizado con las bombas de extracción de arena

La cama del escurridor se realizará en hormigón y estará equipada de un vertedero y retorno a cabeza para eliminar el agua sobrenadante.

El material del clasificador se realizará en acero especial tratado por cementación en las zonas de contacto con las arenas para evitar desgastes.

▪ **DESENGRASADOR.**

Como ya se ha comentado, existe un sistema de difusión de aire que va a favorecer la retención de grasas y aceites. Sus características serían las siguientes:

Número de líneas	3
Número de difusores por línea	5
Número total	15

Estos difusores están alimentados por un bombeo con las siguientes características:

Número de bombas	3
Caudal unitario	450 m <sup>3</sup> /h
Altura	7 m.c.a.
Potencia absorbida unitaria	12.5 kW
Potencia instalada unitaria	15 kW



Potencia instalada total	45 kW
Potencia específica	28 W/m <sup>3</sup>
Caudal de agua unitario	450 m <sup>3</sup> /h
Caudal de agua total	1.350 m <sup>3</sup> /h

Los flotantes y grasas que provienen de los retornos de decantadores primarios, decantadores secundarios y en general todos los sobrenadantes, se envían a través de la red de saneamiento de la planta a cabeza de instalación, y son recogidos en el pretratamiento y separados en el desnatador.

Esta unidad de desnatado consiste simplemente en un sistema de rascado continuo que envía los elementos flotantes a un contenedor.

Las características de este equipo son las siguientes:

Ancho del canal	1 m
Longitud total	2 m
Número de rasquetas	5
Potencia	0,5 kW
Materiales	Acero galvanizado e inoxidable
Protección del motor	IP-55

### **1.3. OBJETO DEL PROYECTO.**

El objeto de este proyecto es realizar las modificaciones necesarias en la zona de Pretratamiento para la mejora de los procesos en dicho lugar tanto desde el punto de vista de la producción, como de la seguridad para operarios y habitantes de los alrededores, ya sea por la reducción de los peligros del proceso productivo o de contaminación que de ellos se desprende. Dichas actuaciones deben ir encaminadas a la obtención de los siguientes objetivos generales:

- Sustituir la cuchara bivalva por otra cuchara nueva.
- Labores de división en el Pozo de Gruesos mediante un muro de hormigón de 40 cm de ancho y 380 cm de alto.
- Modificación en la sala de desbaste, consistente en la sustitución de tamices de 4 mm de paso por los de 10 mm (Canales B y C) y sustituir el tamiz de 4 mm (Canal A) por Tamiz Autolimpiante tipo escalera.
- Instalación de sistemas de transportación-compactación de desechos para residuos del desbaste en rejillas y tamices.
- Mejora en el sistema de captación de gases contaminantes.

#### **1.4. DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES.**

A continuación se plantean las distintas modificaciones que se consideran necesarias para la realización de los objetivos propuestos en la redacción del proyecto:

##### **▪ OBRAS DE CONEXIÓN.**

En este punto se van a realizar dos actuaciones:

- Sustitución cuchara bivalva.
- División pozo gruesos en dos partes.

##### ✓ CUCHARA BIVALVA.

Consiste en cambiar la cuchara existente por otra de similares características, todo ello debido a su deficiente funcionamiento en estos momentos. Con dicho procedimiento, la recogida de desechos se realizará de forma rápida por mediación de los operarios.

Procedimiento:

- Desinstalar la cuchara anfibia del puente grúa.
- Colocar nueva cuchara bivalva en el puente grúa, así como todo lo concerniente al sistema eléctrico.

##### ✓ POZO GRUESOS.

Se va a proceder a dividir en dos el pozo de gruesos existente mediante la construcción de un muro de hormigón armado de 40 cm de espesor y 3,80 m de

altura. Con ello se va a conseguir una concentración de los desechos arrastrados por el agua que se introduce en planta a través de los colectores General y Oeste. Gracias a esta actuación la labor de recogida mediante la cuchara anfibia se ve facilitada de forma significativa, tanto en funcionalidad como en rapidez.

Procedimiento:

- Cerrar la entrada del Colector General y Oeste al Pozo de Gruesos. También cerrar compuertas de acceso a Tornillos Arquímedes desde el Pozo.
- El agua retenida en los Canales de entrada del Colector Oeste (al que le llega agua del Colector General mediante la correspondiente conexión) es bombeada mediante una bomba sumergible conectadas a tuberías de acero inoxidable DN-600 mm, de manera directa, a la zona de aspiración de los Tornillos de Arquímedes (ver Plano nº 8).
- Construcción muro de hormigón en el pozo de gruesos.
- Retomar la conexión de las aguas a tratar procedentes de los dos colectores a través del Pozo.

▪ **BOMBEO.**

El bombeo no se ve afectado por ninguna de las modificaciones a realizar, no procede ninguna actuación concerniente a este proyecto.

▪ **ALIVIADERO Y BY-PASS – MEDIDAS.**

El aliviadero no se ve afectado por ninguna de las modificaciones a realizar, no procede ninguna actuación concerniente a este proyecto.

▪ **DESBASTE.**

Aquí se van a realizar varias intervenciones:

- Suprimir tamices autolimpiantes de paso de sólidos de 10 mm y colocarlos por los de 4 mm de los Canales B y C.
  - Sustituir tamiz autolimpiante de 4 mm por un tamiz de paso de 3 mm tipo escalera (Canal A).
  - Instalación de prensa-transportadora en cada conjunto de rejas y tamices.
- ✓ TAMICES 10 mm (Canales B y C)

Esta actuación tiene el fin de la eliminación del conjunto de tamices de paso de sólidos de 4 mm instalados en su momento por la empresa PRIDESA y que con el paso del tiempo y su funcionamiento, ha pasado a actuar de manera poco satisfactoria. En su lugar se instalan los tamices de 10 mm que son quitados de su ubicación y cuyo funcionamiento, en lugar de los retirados, se darán de forma excepcional en casos de grandes recepciones de agua, por lo que el objetivo del proceso de desbaste (retirada de la mayor parte de sólidos de pequeño tamaño presentes en el agua bruta) no se va a ver influenciado de manera significativa.

Procedimiento:

- Con el juego de compuertas correspondientes se aíslan los Canales A y B, funcionando el Canal C de desbaste (suficiente para el aporte de agua en condiciones generales). Después de esto, se comenzará la retirada de los tamices de 10 mm.
- La remoción de los tamices automáticos de 4 mm se va a realizar de tal forma que aislamos ahora los Canales B y C, funcionando el Canal A, y se procede a la retirada de los tamices de los canales inactivos.

- Mientras sigue activo el Canal A, se procede a la instalación de los tamices de paso de 10 mm en los Canales B y C.

✓ SUSTITUCIÓN TAMIZ 4 mm (Canal A).

En este caso lo que se va a proceder a efectuar es el reemplazo del tamiz de 4 mm existente en el Canal A por uno nuevo de la marca ABS de paso de sólidos de 3 mm y que cuenta con un diseño robusto para soportar la naturaleza agresiva de arena, gravas, limaduras y productos químicos que normalmente se encuentran en las aguas residuales. Puesto que como, de forma habitual, es suficiente con un canal de los tres existentes para el desbaste, sólo se ha decidido la instalación de un solo equipo de tamizado tipo escalera.

Procedimiento:

- En el caso de que el Canal que está en funcionamiento sea aquel en el que se va a realizar la modificación, mediante el juego de compuertas existentes, vamos a aislar dicho canal para proceder a quitar el tamiz a sustituir.
- Una vez realizado el paso anterior se procederá a colocar la estructura del equipo a instalar. También se llevará a cabo la puesta en marcha del proceso en cuanto al sistema eléctrico, incluyendo el programa de automatismo de que dispone.

✓ INSTALACIÓN PRENSA-TRANSPORTADORA.

Una vez que se ha colocado el tamiz de 3 mm se procede a conectar las cintas transportadoras, donde descargan las rejas y tamices, con las prensas de la

marca ABS necesarias para la compactación, deshidratación y transporte de residuos sólidos provenientes del desbaste de aguas residuales.

Procedimiento:

- Conexión de las bandas transportadoras que llevan los desechos a la tolva de las prensas PHA.
- Colocar contenedores en el lugar de descarga de las prensas.
- Puesta en marcha de prensas PHA.

#### ▪ **TRATAMIENTO DE OLORES.**

Esta modificación se lleva consigo la instalación de un sistema de extracción localizada tanto para las rejillas, como para los tamices, cuyo fin es la captación de los gases tóxicos producidos ( $\text{SH}_2$  en su mayoría) en el mismo lugar donde se producen y evitar así la contaminación del ambiente de trabajo.

Procedimiento:

- Colocar soportes para brazos extractores junto a las rejillas y tamices
- Instalar brazos aspiradores
- Instalar ventilador centrífugo.
- Conexión de los brazos aspiradores al ventilador.
- Unión del aspirador centrífugo con las torres de desodorización.
- Puesta en marcha del sistema.

▪ **DESARENADO-DESENGRASADO.**

El Desarenado-desengrasado no se ve afectado por ninguna de las modificaciones a realizar, no procede ninguna actuación concerniente a este proyecto.



## **1.5. DESCRIPCIÓN DEL PRETRATAMIENTO TRAS LA EJECUCIÓN DE LAS MODIFICACIONES.**

Una vez realizadas todas las actuaciones en el Pretratamiento, la línea de agua sigue los siguientes pasos hasta los posteriores tratamientos que sufre en el resto de la planta:

### **▪ OBRAS DE CONEXIÓN.**

El agua residual llega al Pozo de Gruesos de la misma forma que se expuso en el apartado inicial de este capítulo. Los colectores Oeste y General van a descargar en la primera zona del Pozo de Gruesos una vez que éste ha sido dividido en dos superficies del mismo volumen ( $122,3 \text{ m}^3$ ) y luego por rebose pasa a la segunda zona para su posterior bombeo. Se ha procedido a la reducción del Pozo en unos 53% del volumen anterior.

Una vez realizada toda la obra, el tiempo de retención en la primera zona de sedimentación es de 3,3 minutos a caudal medio, mientras que para un caudal máximo será de 1,7 minutos.

Con esta división se va a favorecer el depósito de residuos sólidos que pueda llevar consigo el agua que llega a la Planta en una zona más localizada y, además, se facilita el manejo y trabajo de la cuchara anfibia, ya que tendrá que actuar en una zona más pequeña y no en la superficie entera como sucedía antes de la modificación. El agua bruta entra a la Planta por los colectores a la primera zona del Pozo de Gruesos donde va a sedimentar la mayor parte de los residuos y esta agua, por rebose pasa a la segunda zona para su posterior bombeo.

La cuchara bivalva será de las mismas características de que la anteriormente existía y será capaz de atrapar un volumen de desechos de  $0,3 \text{ m}^3$  en cada acción y realizar un prensado previo con sus valvas, antes del depósito en el contenedor

situado para tal fin. Con sus 4-6 actuaciones diarias, la cuchara será capaz de eliminar 1,2-1,8 m<sup>3</sup> de residuos al día. El vaciado del contenedor (6 m<sup>3</sup>) se realizará cada 5 días aproximadamente.

▪ **DESBASTE.**

Tras el bombeo (que no sufre modificación al igual que la zona de aliviadero), se pasa al desbaste del agua residual.

En las rejillas, cuyo paso de sólidos es 25 mm, para velocidades de aproximación de 1 m/s, la pérdida de carga al pasar por ellas es menor de 0,1 m.c.a., concretamente 0,033 m.c.a. La pérdida de carga para una velocidad de paso por el espacio entre rejillas de 1,3 m/s es de 0,055 m.c.a.

Como ya se ha comentado en otras ocasiones, para el caudal con el que suele actuar la zona de desbaste de la EDAR (2.250 m<sup>3</sup>/h) es suficiente la operación de uno solo de los tres canales de desbaste que se pudieran usar. Si bien la capacidad de rejillas y tamices pueden soportar caudales mayores (hasta 4.320 m<sup>3</sup>/h).

Los desechos retirados por la rejilla son depositados en una cinta transportadora que va a conducirlos hacia la Prensa Transportadora de Sólidos instalada para la compactación y transporte de residuos sólidos provenientes del desbaste de aguas residuales urbanas o industriales. Con ellas se va a conseguir una disminución de la concentración de agua en los residuos importante y con ello una menor producción de olores en los contenedores donde aguardan hasta un posterior traslado hacia el vertedero. El volumen de residuos sólidos se reduce hasta un 75%.

Una vez retenidos sólidos con tamaño mayor de 25 mm, el agua continua por el canal hasta los tamices de 4 mm y de 3 mm. La pérdida de carga tras el paso por los tamices se sitúa en 0,8 -1 m.c.a.

De la misma forma que con las rejillas, los sólidos con tamaños superiores a 3-4 mm, son depositados en la cinta transportadora que los conducirá a otra transportadora-compactadora. Tras la compactación los residuos se eliminan en el contenedor situado para ello.

El agua sigue su curso hacia el Desarenador-Desengrasador.

#### ▪ **TRATAMIENTO DE OLORES.**

Los olores generados por la descomposición de la materia orgánica que contiene el agua residual van a ser aspirados en el mismo lugar donde se produce gracias a la instalación del sistema de captación localizada suministrada por la empresa NEDERMAN. Gracias a ella se permitirá el trabajo a los operarios de forma que estén exentos de la posible contaminación que estos gases (de manera muy mayoritaria ácido sulfhídrico) puedan ocasionar.

La instalación va a constar de 2 brazos aspiradores para cada uno de los equipos de desbaste, de forma que habrá un sistema de extracción localizada que actuará para las tres rejillas y otro brazo que trabajará para los tamices (puesto que los brazos son móviles, éstos se colocarán en el canal que esté en funcionamiento en dicho momento).

Los gases aspirados por la acción del ventilador aspirador, mediante los brazos, se conducen hacia una red de tuberías que se van a instalar y que desembocan en las torres de lavado.

Los brazos tendrán una capacidad unitaria de aspiración de unos 1.500 m<sup>3</sup>/h y estarán contruidos de forma que sean capaces de soportar el paso de gases corrosivos como pudiera ser el SH<sub>2</sub>.

El aspirador tiene un rango de aspiración de 1.500-5.000 m<sup>3</sup>/h, por lo que será suficiente para la labor encomendada.

En las torres de lavado, y mediante un tratamiento ácido-base, los gases introducidos circulan de forma ascendente y en contracorriente con agua acidulada (NaClO) en la primera columna y con agua con álcalis (NaOH) en la segunda.

La cantidad de gases contaminantes que pueden tratar dichas torres es la misma que se realizaba antes de la introducción de modificaciones en esta zona y es de 20.000 Nm<sup>3</sup>/h.

Los gases tratados son expulsados a la atmósfera.

## **1.6. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS A INTRODUCIR.**

Los nuevos elementos a insertar en la zona del Pretratamiento de la EDAR de Jerez de la Frontera, son principalmente:

### ▪ **CUCHARA BIVALVA.**

Se trata de una cuchara bivalva de 0,3 m<sup>3</sup> de la marca Galmen (modelo CBV-300), suministrada por la empresa CONTRAGUA, para manipular materiales como arenas, fangos y piedras con una densidad máxima de 2,2 Tn/m<sup>3</sup>.

El cuerpo y la estructura son de acero laminado soldado eléctricamente. Las valvas son de acero A-42b y sus labios poseen Perfil de dureza Brinell 500 HB.

Posee una altura de 1.350 mm y anchura de 1.650 mm cuando la cuchara está abierta (por lo que ésta es su apertura máxima). Cuando está cerrada: 1.450x1.200 mm. El fondo de la cuchara es 700 mm.

El tiempo de cierre es de 8 segundos, mientras que el de apertura se encuentra en 4,5 segundos. El dispositivo de apertura-cierre es del tipo Doble electroimán, distribuidor de 4 vías y tres posiciones.

La capacidad del depósito de aceite es de 50 litros y el caudal de la bomba 14 l/min. El aceite hidráulico a usar será del tipo Hydraulic 225 o similar.

El accionamiento es de tipo electrohidráulico, con una potencia de 4 kW, una tensión de servicio de 220/380V 50 Hz y una velocidad de 1.400 r.p.m. La protección es IP-45 y su aislamiento es de la clase F.

La bomba hidráulica es de alta presión, trabajando a una presión máxima de 100 bar.

El manejo es mediante una botonera que será manipulada por el operario.

▪ **BOMBA SUMERGIBLE.**

La bomba sumergible a instalar tiene una capacidad de 3000 m<sup>3</sup>/h. Está diseñada para trabajar a temperatura ambiente y es capaz de soportar la entrada de sólidos de cierto tamaño.

La distancia entre la aspiración/fondo está en unos 200 mm y la altura de elevación que puede realizar es 5 m.c.a. El tipo de montaje es vertical.

En cuanto a su construcción, comentar que tanto el cuerpo difusor como el impulsor es de fundición GG-20, el eje de acero inoxidable y el soporte de acero al carbono.

El motor instalado tiene una potencia de 16,5 kW, el número de revoluciones es 1.000 r/m y posee protección IP-68 y aislamiento de clase F.

▪ **TAMIZ 3 mm.**

Es un tamiz de escalera suministrado por ABS y actúa en base al Sistema MEVA-Waterlink. La construcción del tamiz de láminas ROTOSCREEN de MEVA está basada en un bastidor formado por dos robustas placas terminales en acero que se mantienen unidas por medio de unas barras transversales.

El tamiz y el motorreductor se ubican dentro de dicho bastidor. Por su parte exterior, una cubierta de acero protege al equipo que transmite la potencia necesaria para producir el accionamiento desde el motorreductor a las piezas móviles del tamiz.

El ROTOSCREEN se compone de dos filtros entrelazados, uno fijo y otro móvil, formados por láminas paralelas colocadas sobre unas barras transversales. A su vez los filtros van montados juntos de manera que cada segunda lámina es fija y la otra es móvil. La distancia entre ambas láminas es el paso de sólidos. El movimiento consiste en un giro de pequeño radio en un plano vertical. En cada giro los residuos retenidos son elevados al escalón superior, alcanzando los sólidos, con los giros sucesivos, el extremo más alto desde donde se vierten a una tolva o a una cinta transportadora continuando así el proceso.

Las partes abiertas del tamiz que no están ubicadas en el canal se encuentran protegidas mediante cubiertas protectoras que se pueden abrir fácilmente. El principio de funcionamiento es por formación de manta continua de sólidos, capaz de retener partículas menores de los 3 mm de separación entre láminas. El movimiento entre láminas es de tipo circular.

Tiene una capacidad de 4.350 m<sup>3</sup>/h, y altura de descarga útil de los sólidos de 3.080 mm. El máximo nivel de agua a la entrada es de 2.600 mm, mientras que a la salida es 1.550 mm.

El tamiz posee las siguientes dimensiones: 3.750 mm de altura total; 2.475 mm de longitud total; 1.300 mm de ancho efectivo y 1.400 mm de ancho total. Su peso es de 4.225 kg.

El motor posee una potencia nominal de 3,0 kW, trabajando a unas 2.890 r.p.m. La frecuencia del motor es de 50 Hz, su tensión 380 V y la intensidad 6,2 amperios.

Los materiales del tamiz son: bastidor en acero inoxidable AISI-316L; patas y soporte en plancha doblada de 5 mm de espesor; láminas en acero inoxidable AISI-316L de 3 mm de espesor y cubiertas en acero inoxidable AISI-316L de 1,5 mm de espesor. El bastidor, los soportes y las cubiertas laterales llevan un pulido

electrolítico. Los engranajes, cojinetes y discos llevan una imprimación epoxy de 80 my y un recubrimiento de epoxy de 2x50 my.

En cuanto a la regulación automática, se requiere de un detector que indique cuándo se ha alcanzado el nivel máximo de agua predeterminado. En este momento se pone en marcha el motorreductor y los sólidos van siendo elevados en escalón. La secuencia de trabajo sería esta: arranque→ uno o varios giros→ descenso del nivel de agua→ parada-arranque, y así sucesivamente.

La manta de sólidos filtrante se forma durante los tiempos de parada.

#### ▪ **TRANSPORTADOR-COMPACTADOR.**

Con ellas se consigue una perfecta deshidratación de los sólidos de rejillas de desbaste y tamices.

Las dos prensas que se instalarán serán de la marca ABS, pero de modelos diferentes en base a las necesidades:

- PHA 200/400 (para rejillas):

Tiene una capacidad de 0,85 m<sup>3</sup>/h. Cuenta con un depósito de 25 litros. El tiempo de actuación del pistón es aproximadamente cada 19 segundos.

La prensa cuenta con un diámetro de 200 mm. La tolva de alimentación tiene una anchura de 275 mm, una longitud de 400 mm y 139 mm de altura.

La potencia del motor es de 2,66 kW y trabaja a 1.500 r.p.m., a 50 Hz de frecuencia, 400 voltios de tensión y una presión de trabajo de 130 bar.



La centralita oleohidráulica cuenta con: un depósito de aceite con tratamiento interior/exterior especial, una válvula limitadora y de inversión automática, un manómetro de glicerina, un visor de control de nivel con termómetro y un filtro de aspiración y retorno. Las conexiones entre la centralita y el cilindro son flexibles. El cilindro oleohidráulico es de doble efecto.

El cuerpo de la prensa PHA está construido en acero AISI-316. El pistón y la central hidráulica son de acero.

- PHA 300/1000 (para tamices):

Tiene una capacidad de 2,49 m<sup>3</sup>/h. Cuenta con un depósito de 50 litros. El tiempo de actuación del pistón es aproximadamente cada 49 segundos.

La prensa cuenta con un diámetro de 300 mm. La tolva de alimentación tiene una anchura de 340 mm, una longitud de 1.000 mm y 370 mm de altura.

La potencia del motor es de 3 kW y trabaja a 1.500 r.p.m., a 50 Hz de frecuencia, 400 voltios de tensión y una presión de trabajo de 130 bar.

La centralita oleohidráulica cuenta con: un depósito de aceite con tratamiento interior/exterior especial, una válvula limitadora y de inversión automática, un manómetro de glicerina, un visor de control de nivel con termómetro y un filtro de aspiración y retorno. Las conexiones entre la centralita y el cilindro son flexibles. El cilindro oleohidráulico es de doble efecto.

El cuerpo de la prensa PHA está construido en acero AISI-316. El pistón y la central hidráulica son de acero.

Para más detalles en las dimensiones de las prensas acudir al Plano nº 12.

▪ **BRAZOS ASPIRADORES.**

Es un brazo de la marca NEDERMAN modelo NEX/S de acero inoxidable, diseñado a prueba de ácidos y es ideal para trabajar en ambientes que contienen polvo explosivo o gases, y está autorizado EX para Zona 1/21 para polvo conductivo de acuerdo con la Directiva Atex 94/9/CE Grupo II. Categoría de equipo: 2. Marcado EX II 2G/D.

El brazo de extracción articulado tiene un diámetro de 160 mm con el que podrá captar un caudal de 1.100-1.800 m<sup>3</sup>/h (a una velocidad del aire de 15-25 m/s). La caída de presión estática para el caudal medio de aspiración (1.500 m<sup>3</sup>/h) es aproximadamente 1.900 Pa.

La manguera antiestática de poliuretano y espiral azul dispone de una longitud de 4 metros, con doble toma de tierra y es fácilmente desmontable.

La estructura del brazo, campana, muelles, tuercas, tornillos y arandelas son de acero inoxidable 316 resistente al ácido. Las abrazaderas de la manguera son de PVC/PA.

La temperatura máxima a la que puede extraer aire es de 80°C. Posee un peso de 24 kg y para 1400 m<sup>3</sup>/h genera un ruido de magnitud igual a 70 dB(A).

Model		Weight (kg)	Recovery rate (weight -%)	Sound level at hood at	
				750 m <sup>3</sup> /h (dB(A))*	1400 m <sup>3</sup> /h (dB(A))*
NEX S, 2m	Ø125	13	79%	65	-
	Ø160	14	79%	-	71
NEX S, 3m	Ø125	19	80%	65	-
	Ø160	20	80%	-	68
NEX S, 4m	Ø125	22	80%	66	-
	Ø160	24	80%	-	70

▪ **ASPIRADOR.**

El ventilador centrífugo trifásico NCF 40/25 destinado a la captación de gases tóxicos está clasificado EXX para uso en entornos con gases explosivos. Se podrá disponer de una capacidad máxima de 5.000 m<sup>3</sup>/h. La presión total de aspiración para un caudal de trabajo medio de 3.000 m<sup>3</sup>/h (necesaria para los dos brazos) es de 2.327,5 Pa, por lo que se soportan las pérdidas de cargas generadas en todo el sistema (ver cálculos en Memoria Técnica).


El motor cuenta con una potencia de 5,5 kW y 2.910 r.p.m., un voltaje de 400/690 V, 50 Hz de frecuencia y 10,4/6,0 A de intensidad. La protección es IP-54.

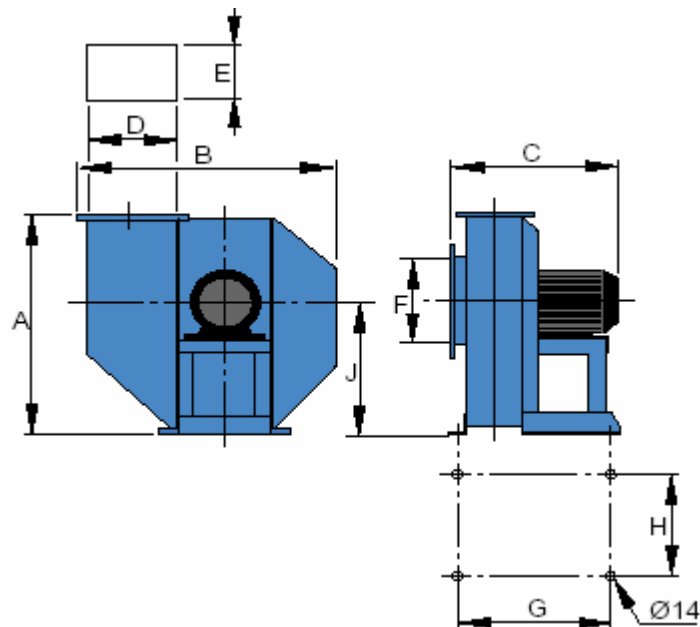
El aspirador pesa 120 kg y genera un nivel de ruido de 71-76 dB(A), todavía lejos de los 85-90 dB(A) que significaría una situación de alarma en cuanto a contaminación acústica.

El rango de temperatura en el que trabaja de forma correcta está entre -30°C y +40°C, mientras que la temperatura máxima de trabajo se sitúa en 100°C.

Sus dimensiones son 766x822x580 y el conducto de aspiración es de 315 mm.

Está construida de acero soldado en láminas (welded steel plate), todo ello según los estándares y otras normativas como: 98/37/EEC, 73/23/EEC y la 89/336/EEC.

	A	B	C	D	E	F	G	H	J
NCF 30/15	622	752	499	300	152	Ø250	448	300	375
NCF 30/25	742	897	590	350	200	Ø315	526	350	450
<b>NCF 40/25</b>	<b>766</b>	<b>822</b>	<b>580</b>	<b>224</b>	<b>140</b>	<b>Ø250</b>	<b>496</b>	<b>345</b>	<b>450</b>
NCF 50/25	766	822	617	224	140	Ø250	496	345	450
NCF 80/15	1043	1144	703	315	200	Ø400	556	345	600
NCF 80/25	990	1183	818	500	250	Ø400	726	400	600
NCF 120/15	1200	1467	822	600	335	Ø500	705	400	720
NCF 120/25	990	1183	818	500	250	Ø400	726	400	600
NCF 160/25	990	1183	863	500	250	Ø400	726	400	600



Además dispone de un arrancador de estrella/triángulo 11, con una potencia motor de 11 kW, 400 V, 3 fases + neutro. El grado de protección es IP-54 y sus dimensiones 500x500x250. El arrancador es recomendable por el consumo inicial de amperios ya que el motor del aspirador tiene una potencia de 5KW.

También cuenta con un interruptor de mantenimiento de 6 polos, con una potencia máxima de 15 kW, que se utiliza para desconectar la corriente en caso de manipulación del Aspirador.

## **2. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.**

La distribución en planta de los equipos se ha llevado a cabo de forma razonada, con el objetivo de obtener el mayor número de ventajas posible y reducir los inconvenientes que de la misma se pudieran derivar (problemas de seguridad, de funcionamiento o de acceso a las instalaciones). Se pretenden reducir los costes al mínimo, por lo que la superficie requerida deberá ser la menor que garantice la seguridad y el correcto funcionamiento de la planta.

Se ha empleado la reglamentación sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo para minimizar los riesgos. Se han tenido en cuenta los siguientes conceptos:

- Espacio mínimo por operario.
- Dimensionamiento adecuado de los accesos.
- Redes de distribución y mantenimiento situadas a distintos niveles.
- Ubicación correcta de los elementos peligrosos.
- Salidas de emergencia.
- Servicios contra incendios.

Para la distribución en planta se han seguido los siguientes principios:

### **◆ Principio de racionalidad.**

La distribución en la planta se basa en una adecuada coordinación e integración de los elementos básicos de la producción (máquinas, hombres y materiales).

### **◆ Principios de economía.**

Entre ellos cabe destacar:

- Recorrido mínimo y continuo. Se pretende que los recorridos de las corrientes sean lo menores posibles, con lo que se disminuye la duración del proceso. Además, de esta forma, se consiguen prevenir problemas de obstrucción de líneas.
- Aprovechamiento del espacio. Se ha buscado el mayor aprovechamiento del espacio, lo que rebaja el coste de la planta.
- Flujo del agua en la planta por gravedad. Para ello, la distribución se realiza de forma que se aproveche el desnivel del terreno.

◆ **Principios de previsión de futuro.**

Los más importantes son:

- Flexibilidad de la planta. Se ha proyectado de forma que sus instalaciones tengan la máxima flexibilidad.
- Posibilidad de ampliación: se ha realizado la distribución de forma que sean factibles futuras ampliaciones de las instalaciones.

◆ **Principio de máxima seguridad.**

Los puestos de trabajo, las máquinas y el resto de las instalaciones se han proyectado de forma que garanticen la máxima seguridad de los operarios.

# MEMORIA TÉCNICA



## ÍNDICE:

<b>1. POZO DE GRUESOS .....</b>	<b>111</b>
1.1. DIVISIÓN POZO .....	111
1.2. CUCHARA BIVALVA .....	115
1.3. BOMBA SUMERGIBLE .....	116
<b>2. DESBASTE .....</b>	<b>119</b>
2.1. TAMIZ 3 mm .....	119
2.2. PRENSA TRANSPORTADORA .....	122
<b>3. SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE OLORES .....</b>	<b>126</b>
3.1. BRAZOS ASPIRADORES .....	126
3.2. ASPIRADOR .....	127

## 1. POZO DE GRUESOS.

### 1.1. DIVISIÓN POZO.

Disponemos de un Pozo con unas dimensiones de 271,8 m<sup>3</sup> calculadas mediante geometría (véase Plano nº 2) tomando una longitud de 9,85 m, anchura de 6 m y una altura de 4,6 m (altura de la parte superior de la compuerta de entrada de agua bruta a dicho Pozo).

Al tratarse de un pozo con forma tronco-cónica, habrá que restar las pendientes (obtenidas igualmente por geometría) correspondientes para obtener el volumen útil del Pozo:

$$\text{Volumen útil} = 271,8 \text{ m}^3 - 12,5 \text{ m}^3 = 259,3 \text{ m}^3$$

De tal forma, que para los datos facilitados por la Dirección Técnica de la E.D.A.R. de Jerez de la Frontera, tendremos unos tiempos de retención de:

- A caudal máximo (Q=4320 m<sup>3</sup>/h):

$$t_{\text{retención}} = \frac{V_{\text{útil}}}{Q} = \frac{259,3 \text{ m}^3}{4320 \text{ m}^3 / \text{h}} \cdot 60 = 6,9 \text{ minutos}$$

- A caudal medio (Q=2250 m<sup>3</sup>/h):

$$t_{\text{retención}} = \frac{V_{\text{útil}}}{Q} = \frac{259,3 \text{ m}^3}{2250 \text{ m}^3 / \text{h}} \cdot 60 = 3,6 \text{ minutos}$$

Vamos a determinar el tiempo de llenado del Pozo teniendo en cuenta el caudal medio de entrada a Planta y la incorporación de los vaciados de planta y los reboses de la línea de lodos (puede llegar a suponer 150 m<sup>3</sup>/h según la Dirección Técnica de la E.D.A.R.):

$$t_{llenado} = \frac{V_{Pozo}}{Q_{med+retornos} - Q_{med}} = \frac{259,3 \text{ m}^3}{2400 \text{ m}^3/h - 2250 \text{ m}^3/h} \cdot 60 = 103,7 \text{ minutos}$$

▪ **CONSTRUCCIÓN MURO.**

Se va a construir un muro de hormigón armado de 40 cm de ancho y 3,80 m de alto. Estas dimensiones las tomamos ya que con ellas se consigue alcanzar más de la mitad de la altura a la que se encuentra la compuerta de entrada del colector a Planta. Resulta un volumen de 14,77 m<sup>3</sup>. El volumen del Pozo va a quedar reducido por dicho muro:

$$\text{Volumen útil} = 259,3 \text{ m}^3 - 14,7 \text{ m}^3 = 244,6 \text{ m}^3$$

De forma aproximada podemos determinar que dispondremos de una primera zona de sedimentación que contará con 122,3 m<sup>3</sup> útiles. Esto supone un 53% de volumen del que se disponía antes para todo el Pozo:

$$\text{Reducción Volumen} = 100 - \left( \frac{V_{inicial}}{V_{1^a \text{ zona Sed.}}} \cdot 100 \right) = 100 - \left( \frac{259,3}{122,3} \cdot 100 \right) = 52,8 \%$$

Al verse modificado el volumen, y calculando con el mismo procedimiento de antes, obtenemos los tiempos de retención para cada caudal de diseño:

- Pozo Gruesos a caudal máximo (Q=4320 m<sup>3</sup>/h):

$$t_{\text{retención}} = \frac{V_{\text{útil}}}{Q} = \frac{244,6 \text{ m}^3}{2250 \text{ m}^3 / \text{h}} \cdot 60 = 3,4 \text{ minutos}$$

- Pozo Gruesos a caudal medio (Q=2250 m<sup>3</sup>/h):

$$t_{\text{retención}} = \frac{V_{\text{útil}}}{Q} = \frac{244,6 \text{ m}^3}{2250 \text{ m}^3 / \text{h}} \cdot 60 = 6,5 \text{ minutos}$$

- 1ª Zona Sedimentación (Q=4320 m<sup>3</sup>/h):

$$t_{\text{retención}} = \frac{V_{\text{útil}}}{Q} = \frac{122,3 \text{ m}^3}{4320 \text{ m}^3 / \text{h}} \cdot 60 = 1,7 \text{ minutos}$$

- 1ª Zona Sedimentación (Q=2250 m<sup>3</sup>/h):

$$t_{\text{retención}} = \frac{V_{\text{útil}}}{Q} = \frac{122,3 \text{ m}^3}{2250 \text{ m}^3 / \text{h}} \cdot 60 = 3,3 \text{ minutos}$$

- Tiempo llenado Pozo (con muro):

$$t_{\text{llenado}} = \frac{V_{\text{Pozo}}}{Q_{\text{med+retornos}} - Q_{\text{med}}} = \frac{244,6 \text{ m}^3}{2400 \text{ m}^3 / \text{h} - 2250 \text{ m}^3 / \text{h}} \cdot 60 = 97,8 \text{ minutos}$$

- Tiempo llenado 1ª Zona Sedimentación:

$$t_{\text{llenado}} = \frac{V_{\text{Pozo}}}{Q_{\text{med+retornos}} - Q_{\text{med}}} = \frac{122,3 \text{ m}^3}{2400 \text{ m}^3 / \text{h} - 2250 \text{ m}^3 / \text{h}} \cdot 60 = 48,9 \text{ minutos}$$

Otro parámetro importante que determina las características de un pozo de gruesos es la velocidad ascensional:

- Velocidad ascensional a  $Q_{\text{máx}}$ :

$$V_{\text{ascensional}} = \frac{Q}{S_{\text{horizontal}}} = \frac{4320 \text{ m}^3 / \text{h}}{9,85 \text{ m} \cdot 6 \text{ m}} = 73,1 \text{ m/h}$$

- Velocidad ascensional a  $Q_{\text{med}}$ :

$$V_{\text{ascensional}} = \frac{Q}{S_{\text{horizontal}}} = \frac{2250 \text{ m}^3 / \text{h}}{9,85 \text{ m} \cdot 6 \text{ m}} = 38,1 \text{ m/h}$$

## 1.2. CUCHARA BIVALVA.

Debido al deficiente funcionamiento de la cuchara actual vamos a buscar en el mercado otra, pero con características similares a la presente ya que su dimensionamiento fue correcto.

Se tratará de una Cuchara Bivalva de  $0,3 \text{ m}^3$ , útil para arenas, fangos y piedras de hasta una densidad máxima de  $2,2 \text{ Tn/m}^3$ .

Según datos de funcionamiento, la cuchara va a funcionar una media de 4 veces al día y por tanto los residuos retirados del Pozo son:

$$\text{Residuos} = V_{\text{cuchara}} \cdot \text{Actuaciones}_{\text{día}} = 0,3 \text{ m}^3 \cdot 4 = 1,2 \text{ m}^3$$

Si los contenedores donde se depositan tienen un volumen de  $6\text{m}^3$ , el tiempo para su vaciado es de:

$$\text{Frecuencia}_{\text{vaciado}} = \frac{V_{\text{contenedor}}}{V_{\text{residuos}}} = \frac{6 \text{ m}^3}{1,2 \text{ m}^3 / \text{día}} = 5 \text{ días}$$

Por tanto los contenedores de los desechos deberán ser vaciados cada 5 días aproximadamente.

### 1.3. BOMBA SUMERGIBLE.

Se va a instalar una bomba sumergible en uno de los canales donde desemboca el Colector Oeste mientras se realiza la división del Pozo de Gruesos. Al quedar inactivo se va a conectar el Colector General con el Oeste como ya se ha comentado en la Memoria Descriptiva.

Se prevé una bomba con una capacidad de impulsar 3.000 m<sup>3</sup>/h de agua bruta a los Tornillos de Arquímedes. Ésta, además, debe soportar el paso de grande sólidos por su través.

La altura que necesita elevar la bomba va a depender de la altura a la que va a impulsar el agua y de las pérdidas producidas en las conducciones:

$$h_B = \Delta z + \sum h_p$$

Según se puede comprobar en el Plano nº 8 la succión y la descarga se produce prácticamente en la misma cota, por lo que  $\Delta z = 0$ .

Nos queda calcular la pérdida de carga debida a las conducciones:

\* Datos:

- Diámetro (D): 600 mm
- Caudal (Q): 3.000 m<sup>3</sup>/h
- 4 Codos 90° ( $K_{\text{codos}}=4 \cdot 0,238=0,952$ )
- Salida conducto ( $K_{\text{salida}}=1$ )
- Densidad ( $\rho$ ): 10<sup>3</sup> Kg/m<sup>3</sup>
- Viscosidad ( $\mu$ ): 1,518·10<sup>-3</sup> Ns/m<sup>2</sup>

- Rugosidad relativa ( $\epsilon/D$ ): 0,000075

\* Cálculos:

- Velocidad agua ( $v$ ): 2,95 m/s

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{1.500 \text{ m}^3 / \text{h}}{0.283 \text{ m}^2} = 2,95 \text{ m/s}$$

- Número de Reynolds (Re):  $1,77 \cdot 10^6$

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{2,95 \text{ m/s} \cdot 0,6 \text{ m} \cdot 10^3 \text{ Kg/m}^3}{1,518 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2} = 1,16 \cdot 10^6$$

- Factor de fricción (f): 0,013

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y  $\epsilon/D$ , tendremos un valor de f de 0,013.

- Coeficiente de resistencia para la tubería de 25,8 metros ( $K_t$ ): 0,56

$$K_{t_1} = f \cdot \frac{L}{D} = 0,013 \cdot \frac{25,8 \text{ m}}{0,6 \text{ m}} = 0,56$$

Al existir más elementos, el coeficiente K será igual a la suma de todos los coeficientes individuales.

$$K = K_t + K_{\text{codos}} + K_{\text{salida}} = 0,56 + 0,952 + 1 = \mathbf{2,512}$$



Calculamos ahora la pérdida de carga total ( $h_f$ ):

$$h_p = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 2,512 \cdot \frac{(2,95 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 1,12 \text{ m.c.a.}$$

La altura que debe elevar la bomba debe ser, como mínimo 1,12 m.c.a.:

$$h_B = \Delta z + \sum h_p = 0 + 1,12 = 1,12 \text{ m.c.a.}$$

## **2. DESBASTE.**

### **2.1. TAMIZ 3 mm.**

Procedemos a colocar un tamiz de la marca ABS que cumpla unas características que satisfagan los requerimientos. La sustitución del tamiz de 4 mm que se encuentra en la Zona de Desbaste por el modelo Rotoscreen referido, cumplirá con satisfacción su cometido puesto que otro de similares características se encuentra ya funcionando en el Tamizado de Fangos con gran éxito.

La sustitución del Tamiz de desbaste se va a realizar debido a un deficiente funcionamiento del ya existente y vamos a instalar uno sólo puesto que va a ser capaz de soportar todo el caudal punta, salvo en caso de lluvias o excesivo ensuciamiento de las rejillas y tamices.

A la hora de elegir que modelo es el más adecuado para nuestra función nos basaremos en varios aspectos:

- Caudal agua bruta a soportar.
- Máxima lámina de agua delante del tamiz.
- Altura de descarga.
- Paso de sólidos.

#### **▪ Caudal de agua.**

Vamos a suponer el caudal máximo de 103.680 m<sup>3</sup>/h (4320 m<sup>3</sup>/h) suministrado por la E.D.A.R. El caudal en todo el canal de desbaste (canal abierto) se mantiene constante, a pesar de las obstrucciones que se encuentra a su través, según la ecuación de continuidad (si consideramos estado estacionario).

El tamiz a seleccionar debe soportar tal llegada de agua sin que se produzcan obstrucciones y arrastres. Para ello hay que tener en cuenta la velocidad de aproximación de dicha agua y los canales de desbaste fueron diseñados en su momento para evitar tanto los depósitos de arena (velocidad de aproximación menor a 0,3 m/s) y arrastres de los depósitos en rejas/tamices (velocidades de paso mayores a 1,4 m/s). Por ello no debemos preocuparnos entonces.

- **Lámina agua delante del tamiz.**

Este parámetro es importante porque nos da información de la altura útil del equipo que sería necesaria, de tal forma que en ningún momento la altura que adquiera el agua al acercarse al tamiz sea más alta que la zona de éste destinada al tratamiento y así perjudicar el trabajo de desbaste.

Según datos de la Planta, el agua entra al canal de desbaste a una cota de 8,11 m y el fondo del canal se encuentra a 6,40 m, por lo que la altura de la lámina de agua antes de la reja es de:

$$\text{Altura} = 8,11 \text{ m} - 6,40 \text{ m} = 1,71 \text{ metros}$$

A su paso por las rejas de desbaste se produce una pérdida de carga de unos 0,1 metros (datos facilitados por la E.D.A.R.) y por ello, una vez cambiados de ubicación los tamices de 4 mm según se informa en el anexo “Descripción de las modificaciones” de los canales B y C y eliminado el tamiz del Canal A (donde se colocará el Rotoscreen), la altura útil de trabajo necesaria sería de 1,61 metros.

- **Altura de descarga.**

Con esta característica se va a posibilitar que los residuos retenidos y elevados con los escalones del tamiz, puedan ser expulsados sin dificultad en la prensa que se va a instalar a continuación suya.

Debe poseer una altura tal que la zona por donde se produce la salida de los sólidos se encuentre más elevada que la altura del canal de desbaste. De tal forma que si la cota de profundidad del canal en el lugar donde se ubicará el Rotoscreen es de 6,20 m y la cota a la que se podría colocar la prensa hidráulica destinada a recibir los residuos es de 8,40.

$$\text{Altura descarga} = 8,40 \text{ m} - 6,20 \text{ m} = 2,20 \text{ metros}$$

A ello también habrá que añadirle la altura de la cinta transportadora, previo paso de los residuos a la prensa. Sabiendo que la altura total de la cinta es de 0,65 m:

$$\text{Altura descarga} = 2,20 \text{ m} + 0,65 \text{ m} = 2,85 \text{ metros}$$

Por lo tanto el Tamiz elegido deberá poseer una altura de descarga mayor que estos 2,85 metros.

▪ **Paso de sólidos.**

Se elegirá un Tamiz con paso de sólidos parecido al existente, si bien en este caso en vez de seleccionar una luz de paso de 4 mm, se decide por un paso de 3 mm para mejorar la eliminación de sólidos flotantes a su paso por el Rotoscreen.

Una vez tenido en cuenta todos estos parámetros se va a seleccionar el equipo que más convenga a las necesidades. Éste es el Rotoscreen RS31, cuyas características están desarrolladas en profundidad en la Memoria Descriptiva.

## 2.2. PRENSA TRANSPORTADORA.

La prensa de residuos existente se encuentra en desuso por mal funcionamiento. Para la elección de un conjunto de prensas nuevas nos vamos a ayudar de valores recogidos durante los anteriores años.

Los residuos retirados de rejillas/tamices de desbaste durante los últimos años en la E.D.A.R. son los que se indican en la tabla siguiente:

AÑO	m3 residuos
1995	705
1996	874
1997	619
1998	737
1999	696
2000	754
2001	801
2002	577
2003	592
<b>Media</b>	<b>706</b>

Se producirán unos 706 m<sup>3</sup> de residuos al día de media y tomaremos 874 m<sup>3</sup> como valor máximo. Nos resultará importante conocer la producción de cada día:

$$Residuos_{media} = \frac{Residuos_{media}}{365 \text{ días/año}} = \frac{706 \text{ m}^3}{365} = 1,93 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$Residuos_{\text{máximo}} = \frac{Residuos_{\text{máximo}}}{365 \text{ días/año}} = \frac{874 \text{ m}^3}{365} = 2,39 \text{ m}^3 / \text{día}$$

Además de estos cálculos, vamos a basarnos en la capacidad de que disponía la antigua prensa. Ésta se encargaba de la recogida y prensa de los residuos, después del transporte de los desechos por las cintas transportadoras tras el depósito de ellos desde las rejillas/tamices (Plano nº 4). Ahora se va a colocar una prensa en cada conjunto de rejillas y de tamices.

Hay que tener en cuenta que los datos expuestos corresponden a los tratados por la prensa y por ello se corresponden a desechos producidos por rejillas y tamices a la vez. Ahora si lo que vamos a proyectar es la incorporación al sistema de una prensa para el conjunto de rejillas y otra para los tamices, tendremos que tener en cuenta los residuos obtenidos por cada uno de ellos para luego dimensionar el tipo de prensa necesario. Para ello vamos a suponer que los residuos que se obtienen de las rejillas (con separación entre barrotes entre 10 y 25 mm) son una tercera parte de los obtenidos de los tamices (con separación entre 1 y 6 mm).

– Rejillas desbaste:

$$Residuos_{\text{media}} = Residuos_{\text{Totales}}_{\text{media}} \cdot \frac{1}{4} = 1,93 \cdot \frac{1}{4} = 0,48 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$Residuos_{\text{máximo}} = Residuos_{\text{Totales}}_{\text{máximo}} \cdot \frac{1}{4} = 2,39 \cdot \frac{1}{4} = 0,60 \text{ m}^3 / \text{día}$$

– Tamices:

$$Residuos_{\text{media}} = Residuos_{\text{Totales}}_{\text{media}} \cdot \frac{3}{4} = 1,93 \cdot \frac{3}{4} = 1,45 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$Residuos_{\text{máximo}} = Residuos_{\text{Totales}}_{\text{máximo}} \cdot \frac{3}{4} = 2,39 \cdot \frac{3}{4} = 1,80 \text{ m}^3 / \text{día}$$

Vamos a seleccionar, con los resultados obtenidos, las prensas más convenientes para los distintos equipos de desbaste. Para ello elegiremos la Prensa PHA 200/400 con una capacidad de 0,85 m<sup>3</sup>/h para las rejjas y la Prensa PHA 300/1000 con capacidad para 2,59 m<sup>3</sup>/h para los tamices.

En tal caso podremos calcular los tiempos de funcionamiento de las prensas tanto para los residuos medios, como para el máximo recogido en los últimos tiempos:

– Para rejjas:

$$Tiempo_{funcionamiento}(medio) = \frac{Volumen_{residuos/día}(medio)}{Capacidad_{Prensa}} = \frac{0,48 \text{ m}^3 / día}{0,85 \text{ m}^3 / h} = 0,57 \text{ h} / día$$

$$Tiempo_{funcionamiento}(máximo) = \frac{Volumen_{residuos/día}(máximo)}{Capacidad_{Prensa}} = \frac{0,60 \text{ m}^3 / día}{0,85 \text{ m}^3 / h} = 0,70 \text{ h} / día$$

– Para tamices:

$$Tiempo_{funcionamiento}(medio) = \frac{Volumen_{residuos/día}(medio)}{Capacidad_{Prensa}} = \frac{1,45 \text{ m}^3 / día}{2,49 \text{ m}^3 / h} = 0,58 \text{ h} / día$$

$$Tiempo_{funcionamiento}(máximo) = \frac{Volumen_{residuos/día}(máximo)}{Capacidad_{Prensa}} = \frac{1,80 \text{ m}^3 / día}{2,49 \text{ m}^3 / h} = 0,72 \text{ h} / día$$

Para las rejjas, suponiendo una altura de la tolva de la prensa de 32,6 cm, habrá que disponer dicha prensa de manera que los residuos transportados por la cinta transportadora (su parte superior se encuentra ahora a unos 55 cm sobre el suelo) desemboquen en la tolva de la prensa con ayuda de una tolva de recogida

que se acopla a estructura de la cinta. Los residuos penetran en ella sin ningún tipo de opción de que caigan al suelo sólidos y agua que arrastran, con el consiguiente ensuciamiento y riesgo de caídas que ello conlleva (consultar Plano nº 11).

En los tamices, suponiendo una altura de la tolva de la prensa de 40 cm, habrá que disponer dicha prensa de manera que los residuos transportados por la cinta transportadora (su parte superior se encuentra ahora a unos 55 cm sobre el suelo) desemboquen en la tolva de la prensa con ayuda de una tolva de recogida que se acopla a estructura de la cinta. Los residuos penetran en ella sin ningún tipo de opción de que caigan al suelo sólidos y agua que arrastran, con el consiguiente ensuciamiento y riesgo de caídas que ello conlleva.



### **3. SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE OLORES.**

#### **3.1. BRAZOS ASPIRADORES.**

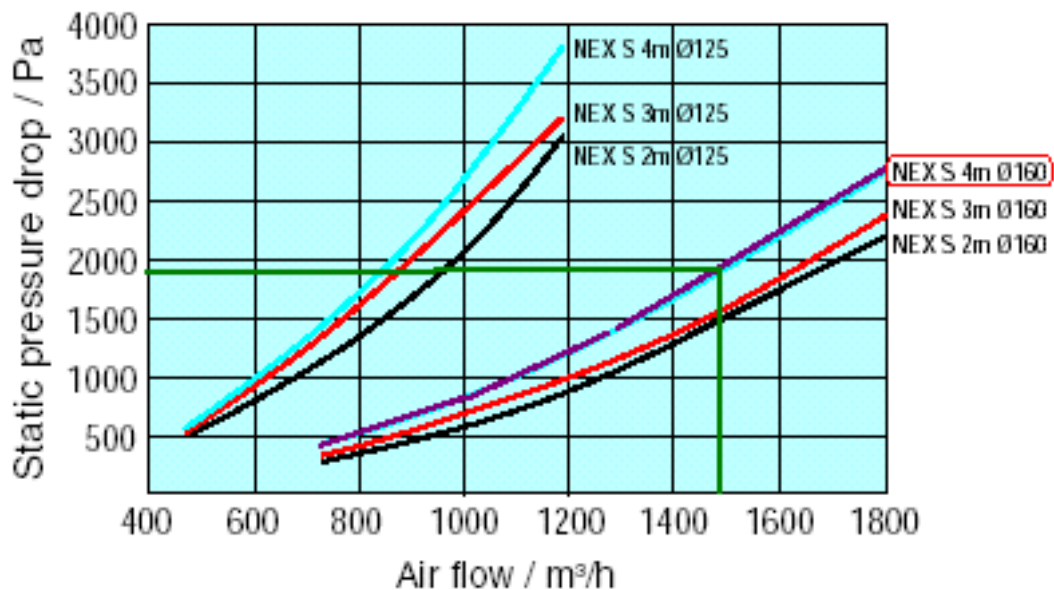
A la hora de seleccionar los brazos aspiradores, vamos a tener en cuenta que se trata de un sistema de tratamiento de olores en el que éstos se captan mediante captación localizada. Estamos en un sistema de Bajo Vacío (Presión de Trabajo < 5 KPa) y entonces podremos trabajar con grandes caudales de aspiración. Para ello, y basándonos en informaciones referidas a estos sistemas, para un volumen de olores producidos en el conjunto de las tres rejillas y de los tres tamices, hará falta un brazo de aspiración localizada capaz de aspirar 1.500 m<sup>3</sup> en cada conjunto de ellos (con ello tenemos suficiente para extracción de gases contaminantes). Por tanto, para las rejillas y tamices, se requerirá de una aspiración total de 3.000 m<sup>3</sup> aproximadamente.

Además de esto, los brazos deben soportar la corrosividad de los gases producidos (fundamentalmente SH<sub>2</sub>). Por ello vamos a elegir el Brazo Aspirador NEX-S ofertado por la empresa Nederman (ver detalles en Memoria Descriptiva) que es capaz de aspirar estos gases producidos en el agua residual y al acumularse los residuos en estos equipos de desbaste, el olor generado constituye un foco de gran contaminación, con el consiguiente riesgo para la salud humana que produce a ciertos límites.

Según se puede ver en la especificación de los Brazos NEX, elegiremos un brazo de 160 mm de diámetro, puesto que es el que soportaría un caudal de 800-1.800 m<sup>3</sup>/h (a un diámetro de 125 mm podría aspirar caudales de 600-1.200 m<sup>3</sup>/h). Además, de entre los brazos que se encuentran en el catálogo, necesitaremos aquel que posea una longitud tal que sea capaz de comunicar la zona de aspiración con las tuberías que conducen los gases extraídos de cada conjunto de rejillas o tamices porque si no tuviera la longitud suficiente, sería necesario la colocación de, por lo

menos, dos brazos más con lo que se encarecería el proyecto. Con un brazo del diámetro comentado y una longitud de 4 m se podrán satisfacer las necesidades.

Como puede comprobarse en la gráfica adjunta, para un caudal supuesto de 1.500 m<sup>3</sup>/h, usando un brazo de 4 m de longitud y 160 mm de diámetro, la pérdida de carga que se produce es de unos 1.900 Pa.



### 3.2. ASPIRADOR.

Para seleccionar el ventilador que más nos convenga vamos a tener que considerar las pérdidas que se produzcan en el sistema de extracción, ya que serán éstas las que tendrá que vencer dicho ventilador si quiere realizar el trabajo de aspiración para el que está encomendado.

Como hemos podido ver en la gráfica, la pérdida de carga que se produce al paso de los gases contaminantes a través de un brazo es de 1.900 Pa. A esta pérdida habrá que añadirle las producidas en las conducciones que comunican los

brazos-aspirador y aspirador-torres. De tal modo que la presión que debe superar el ventilador es la situación más desfavorable que pueda presentarse. Para ello vamos a determinar las pérdidas que se producen en cada uno de los ramales que existirán (Tramo 1 y Tramo 2) y veremos cuál posee mayor pérdida de carga, siendo éste, junto con el resto de los tramos comunes, el que nos va a dar la pérdida de carga total que tendrá que vencer el aspirador a instalar.

▪ **Pérdidas en conducciones.**

Vamos a calcular la pérdida producida por el paso del gas extraído a su paso por las conducciones. Dividimos todo el conducto en cuatro tramos diferentes.

Para decidir las distintas tuberías de acero inoxidable a instalar hay que tener en cuenta el caudal de aire que circula por cada una de ellas.

Por bibliografía:

Volumen aire (m <sup>3</sup> /h)	Diámetro tubería (mm)
- 700	160
700-1.400	200
1.400-2.500	250
2.500-4.000	315
4.000-6.000	400
6.000-10.000	500

El cálculo de caída de presión en los distintos tramos ha sido calculado de manera aproximada como se desarrolla a continuación. Las pérdidas de carga locales se han obtenido mediante tablas.

TRAMO 1 (Brazo rejas- Unión T)

\* Datos:

- Diámetro (D): 250 mm
- Altura inicial ( $z_1$ ): 10,65 m
- Altura final ( $z_2$ ): 8,29 m
- Caudal aire (Q): 1.500 m<sup>3</sup>/h
- 1 Ensanche ( $K_{\text{ensanche}}=0,27$ )
- 2 Codos 90° ( $K_{\text{codo}}=2 \cdot 0,238=0,476$ )
- 2 Válvulas mariposa ( $K_{\text{válvulas}}=2 \cdot 0,765=1,53$ )
- Unión T ( $K_{\text{unión T}}=0,92$ )
- Densidad ( $\rho$ ): 1,54 Kg/m<sup>3</sup>
- Viscosidad ( $\mu$ ): 0,011 cp= 0,011 · 10<sup>-5</sup> Ns/m<sup>2</sup>
- Rugosidad relativa ( $\epsilon/D$ ): 0,00018

\* Cálculos:

- Velocidad aire (v): 8,5 m/s

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{1.500 \text{ m}^3 / \text{h}}{0,05 \text{ m}^2} = 8,5 \text{ m/s}$$

- Número de Reynolds (Re): 2,97 · 10<sup>5</sup>

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{8,5 \text{ m/s} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 1,54 \text{ Kg/m}^3}{0,011 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2} = 2,97 \cdot 10^5$$

- Factor de fricción (f): 0,0165

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y  $\varepsilon/D$ , tendremos un valor de f de 0,0165.

- Coeficiente de resistencia para la tubería ( $K_t$ ): 1,124
  - 1<sup>er</sup> Subtramo (Brazo-1er codo 90°: 0,9 m de tubería)

$$K_{t_1} = f \cdot \frac{L}{D} = 0,0165 \cdot \frac{0,9 \text{ m}}{0,250 \text{ m}} = 0,06$$

- 2<sup>o</sup> Subtramo (1<sup>er</sup> codo 90°- 2<sup>o</sup> codo 90°: 2,1 m de tubería)

$$K_{t_2} = f \cdot \frac{L}{D} = 0,0165 \cdot \frac{2,1 \text{ m}}{0,250 \text{ m}} = 0,14$$

- 3<sup>er</sup> Subtramo (Después del 2<sup>o</sup> codo 90°: 14 m de tubería)

$$K_{t_3} = f \cdot \frac{L}{D} = 0,0165 \cdot \frac{14 \text{ m}}{0,250 \text{ m}} = 0,924$$

$$K_t = K_{t_1} + K_{t_2} + K_{t_3} = 0,06 + 0,14 + 0,924 = 1,124$$

Al existir más elementos, como codos, válvulas, etc, en este tramo el coeficiente K será igual a la suma de todos los coeficientes individuales.

$$K = K_t + K_{\text{codo}} + K_{\text{válvulas}} + K_{\text{uniónT}} + K_{\text{ensanche}} = 1,124 + 0,476 + 1,53 + 0,92 + 0,27 = \mathbf{4,32}$$

Calculamos ahora la pérdida de carga total ( $h_f$ ):

$$h_f = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 4,32 \cdot \frac{(8,5 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 15,92 \text{ m}$$

La caída de presión en este tramo quedaría (por Ec. Bernouilli):

$$\Delta P = \rho \cdot (z_2 - z_1 + h_f) = 1,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot (8,29 - 10,65 + 15,92) \text{ m} = 20,9 \text{ Kg/m}^2$$

$$\boxed{\Delta P = 209 \text{ Pa}}$$

## TRAMO 2 (Brazo tamices- Unión T)

\* Datos:

- Diámetro (D): 250 mm
- Altura inicial ( $z_1$ ): 10,65 m
- Altura final ( $z_2$ ): 8,29 m
- Caudal aire (Q): 1.500 m<sup>3</sup>/h
- 1 Ensanche ( $K_{\text{ensanche}}=0,27$ )
- 2 Válvulas mariposa ( $K_{\text{válvulas}}=2 \cdot 0,765=1,53$ )
- Unión T ( $K_{\text{unión T}}=0,6$ )
- Densidad ( $\rho$ ): 1,54 Kg/m<sup>3</sup>
- Viscosidad ( $\mu$ ): 0,011 cp= 0,011·10<sup>-5</sup> Ns/m<sup>2</sup>
- Rugosidad relativa ( $\epsilon/D$ ): 0,00018

\* Cálculos:

- Velocidad aire (v): 8,5 m/s

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{1.500 \text{ m}^3 / \text{h}}{0.05 \text{ m}^2} = 8,5 \text{ m/s}$$

- Número de Reynolds (Re): 2,97·10<sup>5</sup>

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{8,5 \text{ m/s} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 1,54 \text{ Kg/m}^3}{0,011 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2} = 2,97 \cdot 10^5$$

- Factor de fricción (f): 0,0165

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y  $\varepsilon/D$ , tendremos un valor de f de 0,0165.

- Coeficiente de resistencia para la tubería ( $K_t$ ): 0,2
  - Antes del codo 90° (0,9 m de tubería)

$$K_{t_1} = f \cdot \frac{L}{D} = 0,0165 \cdot \frac{0,9 \text{ m}}{0,250 \text{ m}} = 0,06$$

- Después del codo 90° (2,1 m de tubería)

$$K_{t_2} = f \cdot \frac{L}{D} = 0,0165 \cdot \frac{2,1 \text{ m}}{0,250 \text{ m}} = 0,14$$

$$K_t = K_{t_1} + K_{t_2} = 0,06 + 0,14 = 0,2$$

Al existir más elementos, como codos, válvulas, etc, en este tramo el coeficiente K será igual a la suma de todos los coeficientes individuales.

$$K = K_t + K_{\text{válvulas}} + K_{\text{uniónT}} + K_{\text{ensanche}} = 0,2 + 1,53 + 0,60 + 0,27 = \mathbf{2,6}$$

Calculamos ahora la pérdida de carga total ( $h_f$ ):

$$h_f = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 2,6 \cdot \frac{(8,5 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 9,58 \text{ m}$$



La caída de presión en este tramo quedaría (por Ec. Bernouilli):

$$\Delta P = \rho \cdot (z_2 - z_1 + h_f) = 1,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot (8,29 - 10,65 + 9,58) \text{ m} = 11,1 \text{ Kg/m}^2$$

$$\boxed{\Delta P = 111 \text{ Pa}}$$

	<b>PÉRDIDA DE CARGA (Pa)</b>
<b>TRAMO 1</b>	<b>209</b>
<b>TRAMO 2</b>	<b>111</b>

Por tanto la situación más desfavorable corresponde al Tramo 1. Éste, junto con el resto de tuberías y accesorios necesarios y la pérdida producida en un brazo nos señalará el ventilador más adecuado a instalar.

### TRAMO 3 (Unión T- Aspirador)

\* Datos:

- Diámetro (D): 315 mm
- Altura inicial ( $z_1$ ): 8,29 m
- Altura final ( $z_2$ ): 6,23 m
- Caudal aire (Q): 3.000 m<sup>3</sup>/h
- 1 Ensanche ( $K_{\text{ensanche}}=0,17$ )
- 1 Codo 90° ( $K_{\text{codo}}=0.238$ )
- 1 Válvula mariposa ( $K_{\text{válvula}}=0,765$ )
- Densidad ( $\rho$ ): 1,54 Kg/m<sup>3</sup>
- Viscosidad ( $\mu$ ): 0,011 cp= 0,011·10<sup>-5</sup> Ns/m<sup>2</sup>
- Rugosidad relativa ( $\epsilon/D$ ): 0,00014

\* Cálculos:

- Velocidad aire (v): 10,68 m/s

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{3.000 \text{ m}^3 / \text{h}}{0.078 \text{ m}^2} = 10,68 \text{ m/s}$$

- Número de Reynolds (Re): 4,71·10<sup>5</sup>

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{10,68 \text{ m/s} \cdot 0,315 \text{ m} \cdot 1,54 \text{ Kg/m}^3}{0,011 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2} = 4,71 \cdot 10^5$$

- Factor de fricción (f): 0,0155

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y  $\varepsilon/D$ , tendremos un valor de f de 0,0155.

- Coeficiente de resistencia para la tubería de 1,7 metros ( $K_t$ ): 0,08

$$K_t = f \cdot \frac{L}{D} = 0,0155 \cdot \frac{1,7 \text{ m}}{0,315 \text{ m}} = 0,08$$

Al existir más elementos, como codos, válvulas, etc, en este tramo el coeficiente K será igual a la suma de todos los coeficientes individuales.

$$K = K_t + K_{\text{codo}} + K_{\text{válvula}} + K_{\text{ensanche}} = 0,08 + 0,238 + 0,765 + 0,17 = \mathbf{1,253}$$

Calculamos ahora la pérdida de carga total ( $h_f$ ):

$$h_f = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 1,253 \cdot \frac{(10,68 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 7,29 \text{ m}$$

La caída de presión en este tramo quedaría (por Ec. Bernouilli):

$$\Delta P = \rho \cdot (z_2 - z_1 + h_f) = 1,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot (6,23 - 8,29 + 7,29) \text{ m} = 8,05 \text{ Kg/m}^2$$

$$\boxed{\Delta P = 80,5 \text{ Pa}}$$

#### TRAMO 4 (Aspirador- Torres)

\* Datos:

- Diámetro (D): 315 mm
- Altura inicial ( $z_1$ ): 7,025 m
- Altura final ( $z_2$ ): 7,025 m
- Caudal aire (Q): 3.000 m<sup>3</sup>/h
- 1 Codo 90° ( $K_{\text{codo}}=0.238$ )
- 1 Codo 150° ( $K_{\text{codo}}=0.21$ )
- Salida conducto ( $K_{\text{salida}}=1$ )
- Densidad ( $\rho$ ): 1,54 Kg/m<sup>3</sup>
- Viscosidad ( $\mu$ ): 0,011 cp= 0,011·10<sup>-5</sup> Ns/m<sup>2</sup>
- Rugosidad relativa ( $\epsilon/D$ ): 0,00014

\* Cálculos:

- Velocidad aire (v): 10,68 m/s

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{3.000 \text{ m}^3 / \text{h}}{0.078 \text{ m}^2} = 10,68 \text{ m/s}$$

- Número de Reynolds (Re): 4,71·10<sup>5</sup>

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{10,68 \text{ m/s} \cdot 0,315 \text{ m} \cdot 1,54 \text{ Kg/m}^3}{0,011 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2} = 4,71 \cdot 10^5$$

- Factor de fricción (f): 0,0155

Mediante la gráfica de Moody y los valores obtenidos de Re y  $\varepsilon/D$ , tendremos un valor de f de 0,0155.

- Coeficiente de resistencia para la tubería de 1,8 metros ( $K_t$ ): 0,09

$$K_{t_1} = f \cdot \frac{L}{D} = 0,0155 \cdot \frac{1,8 \text{ m}}{0,315 \text{ m}} = 0,09$$

Al existir más elementos, como codos, válvulas, etc, en este tramo el coeficiente K será igual a la suma de todos los coeficientes individuales.

$$K = K_t + K_{\text{codo}} + K_{\text{codo } 150^\circ} + K_{\text{salida}} = 0,09 + 0,238 + 0,21 + 1 = \mathbf{1,538}$$

Calculamos ahora la pérdida de carga total ( $h_f$ ):

$$h_f = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = 1,538 \cdot \frac{(10,68 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 8,95 \text{ m}$$

La caída de presión en este tramo quedaría (por Ec. Bernouilli):

$$\Delta P = \rho \cdot (z_2 - z_1 + h_f) = 1,54 \text{ Kg/m}^3 \cdot (7,025 - 7,025 + 8,95) \text{ m} = 13,8 \text{ Kg/m}^2$$

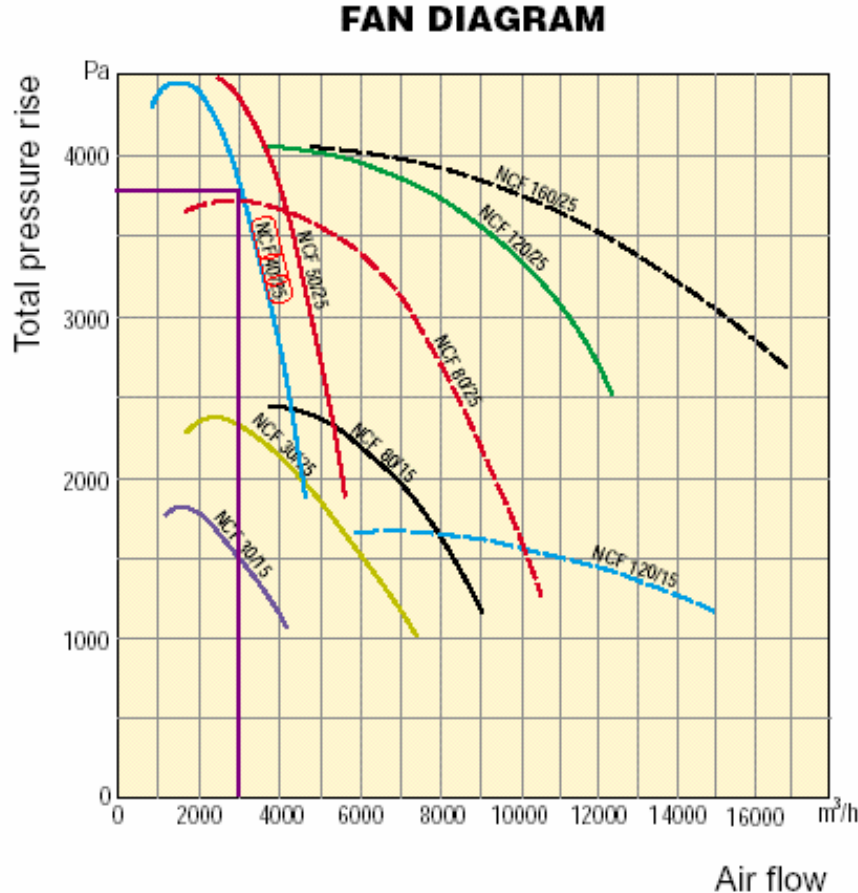
$$\boxed{\Delta P = 138 \text{ Pa}}$$

TRAMO	PÉRDIDAS CONDUCCIONES (Pa)
Tramo 1 (Rejas- Unión T)	209
Tramo 3 (Unión T- Aspirador)	80,5
Tramo 4 (Aspirador- Torres)	138
<b>TOTAL</b>	<b>427,5</b>

$$P_{\text{Aspirador}} = P_{\text{Brazo}} + P_{\text{Conducciones}} = 1.900 \text{ Pa} + 427,5 \text{ Pa} = 2327,5 \text{ Pa}$$

Con esto, según el catálogo de Nederman (ver tabla adjunta), el aspirador que más se ajusta a estos parámetros es el Aspirador NCF 40/25 (mirar gráfico adjunto), que es capaz de generar una presión total de trabajo de 3.750 Pa, a 3.000 m<sup>3</sup>/h de caudal, que son suficientes para nuestro sistema de extracción. Además está clasificado EEx para su uso en entornos con gases explosivos.

Todo el conjunto de brazos, aspirador y conducciones se instalarán conforme a lo estipulado en el Plano nº 13.





## **ANEXOS A LA MEMORIA**

## **ANEXO I: PRETRATAMIENTO**

## ÍNDICE:

<b>1. OBJETO .....</b>	<b>145</b>
<b>2. OPERACIONES DE PRETRATAMIENTO .....</b>	<b>146</b>
<b>3. SEPARACIÓN DE GRANDES SÓLIDOS .....</b>	<b>146</b>
<b>4. DESBASTE .....</b>	<b>147</b>
4.1. REJAS .....	148
4.2. TAMICES .....	157
<b>5. DESARENADO .....</b>	<b>162</b>
5.1. DESARENADORES .....	164
<b>6. DESENGRASADO .....</b>	<b>176</b>
6.1. DESENGRASADORES .....	177
6.2. DESARENADO-DESENGRASADO .....	179
<b>7. MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE RESIDUOS .....</b>	<b>181</b>

## **ANEXO I: PRETRATAMIENTO EN ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES.**

### **1. OBJETO.**

Las aguas brutas, antes de su tratamiento propiamente dicho, se someten generalmente a un pretratamiento que comprende una serie de operaciones físicas y mecánicas, que tienen por objeto separar del agua residual la mayor cantidad posible de materias que por su naturaleza o tamaño crearían problemas en los tratamientos posteriores (obstrucción de tuberías y bombas, desgaste de equipos, formación de costras, depósitos de arenas en los digestores anaerobios...).

En algunos casos, y debido a problemas relativos a las malas características del agua bruta (septicidad, grandes variaciones de caudal y/o carga, vertidos industriales, etc.), es necesario incluir en el pretratamiento otras operaciones de carácter mecánico o químico, cuyo fin es mejorar la calidad de dichas aguas para asegurar una mayor efectividad de los procesos situados aguas abajo o evitar problemas medioambientales.

Es indispensable dar a los pretratamientos la importancia que tienen, cuidando su diseño y su explotación, ya que cualquier defecto, puede repercutir negativamente en el resto de las instalaciones, produciéndose obstrucciones de tuberías y bombas, desgaste de equipos, formación de costras y depósito de arenas en digestores anaerobios, descenso del rendimiento de los distintos procesos, etc.

Mediante las operaciones del pretratamiento, se elimina generalmente la parte de la contaminación más visible y molesta, desde el punto de vista de explotación (sólidos de grandes y medianas dimensiones, arenas, grasas, etc.) en forma de residuos de volumen generalmente moderado, que puedan almacenarse y manipularse sin problemas.

## **2. OPERACIONES DE PRETRATAMIENTO.**

Las operaciones de Pretratamiento que se incluyen en una EDAR dependen de:

- La calidad del agua bruta a tratar (existencia en mayor o menor medida de sólidos, arenas, grasas, aceites...).
- Del tipo de tratamiento posterior de la EDAR.
- Del sistema de tratamiento de fangos empleado.
- De la importancia de la instalación.
- Etc.

Las operaciones pueden encuadrarse en las siguientes:

1. **Separación de grandes sólidos.**
2. **Desbaste** para eliminación de las sustancias de tamaño excesivamente gruesas (mediante rejas) y la eliminación de partículas en suspensión (mediante tamices).
3. **Desarenado**, para eliminación de arenas y sustancias sólidas densas en suspensión.
4. **Desengrasado**, para eliminación de los distintos tipos de grasas y aceites presentes, así como de elementos flotantes.

## **3. SEPARACION DE GRANDES SÓLIDOS.**

Cuando se prevee en el A.R. bruta la existencia de grandes sólidos o de una excesiva cantidad de arenas, se debe incluir en cabecera de la instalación un sistema de separación de grandes sólidos.

Este consiste en un pozo situado a la entrada del colector a la depuradora,

con fondo tronco piramidal invertido y paredes muy inclinadas con el fin de concentrar los sólidos y las arenas decantadas en una zona específica donde se puedan extraer de una forma eficaz.

Para la extracción de los residuos se utilizan, generalmente, cucharas anfibia de accionamiento electrohidráulico.

Los residuos procedentes de este sistema se almacenan en contenedores para su posterior transporte a vertedero o incineración.

Los parámetros de diseño más importantes son:

- Carga hidráulica:  $< 300 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  (a Q máximo).
- Tiempo de retención: 0,5-1,0 min (a Q máximo).
- Calado del pozo de decantación:  $\geq 2 \text{ m}$ .

#### **4. DESBASTE.**

Se trata del primer paso en el tratamiento del agua residual y consiste en la separación del agua residual de sólidos tales como piedras, ramas, plásticos, trapos, etc, haciendo pasar el agua residual bruta por rejas o tamices. Los elementos separadores pueden estar constituidos por barras, alambres o varillas paralelas, rejillas, telas metálicas o placas perforadas, y las aberturas pueden ser de cualquier forma, aunque normalmente suelen ser ranuras rectangulares u orificios circulares.

Tiene por objeto:

- Proteger a la EDAR de la posible llegada intempestiva de grandes objetos capaces de provocar obstrucción en las distintas unidades de la instalación.

- Separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos posteriores.
- Evitar obstrucciones en canales, tuberías y conducciones en general.

#### **4.1. REJAS.**

Una reja es un elemento con aberturas, generalmente de tamaño uniforme, que se utiliza para retener los sólidos gruesos existentes.

- Las rejillas se clasifican en función de la separación libre entre barrotes en:
  - Finas.
  - Medias.
  - Gruesas.

Se pueden considerar como rejillas finas aquellas en que la separación libre de aberturas es inferior a 15 mm.

La distancia entre barras, en rejillas de separación media, oscila entre 15 y 50 mm. Suelen ser las más empleadas en la actualidad, puesto que retienen la mayor parte de las sustancias arrastradas que no pueden eliminarse por sedimentación.

Para el desbaste grueso del efluente se emplean rejillas de abertura entre 50 y 150 mm cuya limpieza suele ser manualmente.

- En cuanto a las características de los barrotes, éstos deben tener unos espesores mínimos, fijados según:
  - Reja de gruesos: entre 12-25 mm.
  - Reja de finos: entre 6-12 mm.

- Por el método de limpieza de las rejas tanto en gruesos como en finos, podemos distinguir entre:
  - Rejas de limpieza manual.
  - Rejas de limpieza automática.
  
- ♦ **Rejas de limpieza manual.**

Las rejas de este tipo se emplean, frecuentemente, en pequeñas estaciones de bombeo de agua residual antes de las bombas. En el pasado, se habían empleado en las instalaciones de pretratamiento de las plantas de pequeño tamaño. La práctica reciente tiende a la instalación de rejas de limpieza mecánica incluso en instalaciones de pequeño tamaño, no sólo con objeto de reducir el trabajo manual necesario para la limpieza de las rejas y eliminación de basuras, sino también para evitar los reboses y desbordamientos que se producen por la obturación de aquéllas o como protección de elevaciones (bombas y tornillos) cuando éstas se realizan previamente al desbaste.

En los casos en los que se utilice rejas de limpieza manual, su longitud no deberá exceder de la que permita su correcta limpieza (aproximadamente 3 m). Las barras que conforman la reja no suelen exceder los 10 mm de anchura por 50 mm de profundidad. Las barras van soldadas a unos elementos de separación situados en la cara posterior, fuera del recorrido del peine rascador. En la parte superior de la reja deberá colocarse una placa perforada para que los objetos extraídos se puedan almacenar temporalmente para su drenaje.

El canal donde se ubica la reja se debe proyectar de modo que se evite la acumulación en el mismo de arenas y demás materiales pesados, tanto antes como después de la reja. La pendiente del canal deberá ser horizontal o descendiente en la dirección de circulación a través de la reja, sin baches o imperfecciones en las que pudieran quedar atrapados algunos sólidos. Asimismo, es conveniente achaflanar las uniones de las paredes laterales. Preferiblemente, el canal deberá ser recto y



perpendicular a la reja, con la finalidad de conseguir una distribución uniforme de sólidos en el flujo y en la reja.

El parámetro de control fundamental en la comprobación de rejillas es la velocidad de paso del agua entre los barrotes. Con objeto de procurar suficiente superficie de reja para la acumulación de residuos en los periodos entre operaciones de limpieza, es esencial que la velocidad de aproximación se limite a, aproximadamente, 0,45 m/s a caudal medio. La sección adicional necesaria para limitar la velocidad se puede obtener ensanchando el canal en la zona de ubicación de la reja y colocándola con una inclinación más suave para aumentar la superficie sumergida. Conforme se acumulan los residuos, produciendo la obturación parcial de la reja, aumentará el calado aguas arriba de la misma, sumergiendo nuevas zonas de paso del flujo a través de la reja. El diseño estructural de la reja deberá ser el adecuado para evitar su rotura en caso de que llegue a taponarse completamente.

- **PROBLEMAS:** Como la limpieza se hace periódicamente, cuando se alcanza un cierto grado de colmatación, la eliminación de la materia almacenada entre limpiezas puede dar como resultado un aumento brusco de la velocidad del agua a través de la reja, lo que ocasiona una reducción en el rendimiento de retención de residuos. La limpieza manual tiene también el riesgo de que se provoquen estancamientos, bien por descuidos o bien por la llegada brusca de materias vegetales. Es por ello que se necesita una especial vigilancia y la necesidad de calcular ampliamente una superficie para evitar limpiezas demasiado frecuentes y riesgos de atascamientos.

- ♦ **Rejas de limpieza mecánica.**

Las rejas de limpieza mecánica eliminan los problemas de atascos y reducen el tiempo necesario para su mantenimiento. Se han venido empleando en las plantas de tratamiento de aguas residuales desde hace más de 50 años. El proyecto de las rejas ha evolucionado a lo largo de los años con objeto de reducir los problemas de

explotación y mantenimiento y para aumentar las posibilidades de separación de residuos.

Estos tipos de rejas son fabricados por varias empresas especializadas. El ingeniero que realiza el proyecto determina por anticipado el tipo de equipo que va a utilizar, las dimensiones del canal de la reja, el intervalo de variación de la profundidad del flujo en el canal, la separación entre barras y el método de automatismo de la limpieza.

Muchos de los diseños más modernos incluyen la utilización de materiales resistentes a la corrosión tales como el acero inoxidable o los materiales plásticos.

El tipo de mecanismo más empleado consiste en un peine móvil, que periódicamente barre la reja, extrayendo los sólidos retenidos para su evacuación.

Las rejas de limpieza mecánica que emplean cadenas se pueden dividir en diferentes categorías según que la limpieza se lleve a cabo por la cara anterior (aguas arriba) de la reja o por la cara posterior de la misma (aguas abajo), y en función de la cara de la reja por la cual el peine rascador se desplaza hasta la zona inferior de aquélla. A pesar de que el funcionamiento es, básicamente, el mismo, cada tipo de reja tiene sus ventajas y sus inconvenientes.

- En general, las rejas de limpieza y retorno frontales son más modernas y eficientes en la retención de sólidos, pero son menos robustas y más susceptibles a que el peine se encalle por la acumulación de sólidos en la base de la reja. Este tipo de rejas se suele emplear en redes de alcantarillado predominante de tipo separativo y no son uso frecuente en mantas de tratamiento conectadas a redes de alcantarillado unitario, donde la presencia de objetos de gran tamaño puede provocar obstrucciones importantes. En las rejas de limpieza frontal y retorno por la parte posterior, los rastrillos limpiadores vuelven a la parte inferior de la reja, por su cara posterior, pasan por debajo de aquélla, y proceden a su limpieza en su movimiento ascendente. De esta manera, se minimiza el potencial

de bloqueo del peine, pero es necesario disponer una placa articulada en la parte inferior para cerrar el espacio que se abre por debajo de la reja. No obstante, la placa articulada también puede presentar problemas de bloqueo.

- Las que se limpian por la cara posterior no tienen problemas de atascamientos ya que los rastrillos se desplazan por detrás de la reja, libres de obstrucciones. Sin embargo, están sujetas a un mayor peligro de rotura de los dientes debido a la mayor longitud de los mismos y al inconveniente de que los sólidos que queden retenidos en el rastrillo puedan retornar al agua bruta, dado que el mecanismo de limpieza se sitúa abajo de la reja, especialmente cuando los rastrillos empiezan a presentar un desgaste importante. La reja del tipo de limpieza y retorno por la parte posterior es menos robusta que las de las demás tipologías, ya que la parte superior de la reja no está soportada para permitir el paso de los dientes del rastrillo de limpieza. La mayoría de las rejas de accionamiento mediante cadenas presentan el problema de que las de cadenas de transmisión están sumergidas, lo cual precisa de un seguimiento especial por parte de los operadores y provoca dificultades de mantenimiento. Otros inconvenientes que presentan son el ajuste y separación de las pesadas cadenas de transmisión, y la necesidad de vaciar el canal para llevar a cabo la inspección y reparación de los componentes sumergidos.

En cuanto a su diseño y concepción de las rejas mecánicas, pueden ser:

Las **rejas curvas** son de limpieza frontal, consistiendo el sistema de limpieza en uno o dos peines montados en el extremo de un brazo que gira alrededor de un eje horizontal. Son apropiadas para instalarse en canales poco profundos, entre 0,4-2,0 m. Tienen la ventaja de presentar una gran superficie útil. La altura del agua es normalmente un 75% de la longitud del radio, efectuándose la evacuación de los residuos a poca altura por encima de la lámina de agua. Este tipo de rejas está indicado para instalaciones de importancia media, cuando las aguas están poco cargadas.

Las **rejas de** barras de limpieza mediante **movimientos** imitan la secuencia de movimientos de una persona que rastrilla la reja. El rastrillo se desplaza hasta la parte inferior de la reja, se coloca entre las barras, y asciende arrastrando las basuras hasta la parte superior de aquélla, lugar donde son extraídas. Una ventaja importante de este método es que todos los componentes que precisan actuaciones de mantenimiento se sitúan por encima del nivel del agua, de modo que su inspección y mantenimiento no hace necesario el vaciado del canal y que el sistema de limpieza y retorno frontal minimiza el arrastre de sólidos. Este tipo de reja presenta el inconveniente de que dispone únicamente de un rastrillo de limpieza en lugar de los múltiples rastrillos empleados en las rejas de limpieza mediante cadenas, lo cual limita la capacidad de la reja para tratar aguas con altos contenidos en residuos. Este hecho se hace especialmente patente en canales de gran profundidad, en los que es necesario disponer de una reja de largo alcance. La gran altura libre por encima del nivel del agua necesaria para instalar el mecanismo de funcionamiento de este tipo de rejas puede limitar su utilización en actuaciones de rehabilitación de plantas existentes.

En el caso de las **rejas de catenaria** de limpieza y retorno el rastrillo se mantiene en contacto con la reja gracias al peso de la cadena. Una ventaja de este sistema consiste en que el mecanismo de transmisión no tiene ruedas dentadas sumergidas, mientras que el espacio necesario para su instalación, relativamente grande, representa su mayor inconveniente.

Las **rejas de** limpieza mecánica accionadas mediante **cables** son de limpieza y retorno frontales que emplean un rastrillo pivotante que asciende y desciende por unas guías accionado por un dispositivo formado por un cable y un tambor. El rastrillo desciende por gravedad, pivota hasta engarzarse con la reja, y se eleva por acción del cable. La principal ventaja que presenta es el hecho de que el rastrillo es el único elemento mecánico que se sumerge en el agua residual. Las desventajas que presenta este sistema incluyen la limitada capacidad de rastrillado y los problemas de mantenimiento asociados al destensado de los cables, a su

enrollamiento en los tambores, y a fallos en el funcionamiento de los mecanismos de frenado.

▪ **Consideraciones hidráulicas.**

En general se suele disponer un mínimo de dos unidades de rejas, de modo que sea posible dejar una de ellas fuera de servicio para realizar las labores de mantenimiento. Si sólo se instala una unidad, es imprescindible incorporar un canal de bypass con una reja de limpieza manual para su uso en casos de emergencia. Así mismo es conveniente la instalación de compuertas de canal aguas arriba y abajo de cada reja, de modo que sea posible dejar la unidad en seco para llevar a cabo labores de mantenimiento.

La velocidad de paso y la pérdida de carga producida por las rejas son dos aspectos importantes que deben tenerse en cuenta en el diseño de una instalación de desbaste.

La velocidad de paso a través de la reja debe ser suficiente para que los sólidos en suspensión se apliquen sobre la reja, sin que se provoque una pérdida de carga demasiado fuerte, ni se produzca un atascamiento en la parte profunda de los barrotes.

Generalmente se adopta una velocidad de paso de 0,6-1,0 m/s, pudiendo llegarse hasta 1,20-1,40 m/s a caudal máximo.

La velocidad de aproximación en el canal debe ser mayor de 0,4 m/s, a caudal mínimo, con objeto de evitar depósitos de arena. A caudales máximos (lluvias y tormentas) la velocidad de aproximación debe ser superior a 0,9 m/s, con objeto de evitar la acumulación de arenas en la parte inferior de las rejas de limpieza mecánica, que pueden dejarlas fuera de servicio cuando más necesarias son.

Para calcular la velocidad de agua a través de la reja, se supone que un 25-

30% del espacio libre entre los barrotes está ocupado por los residuos. La velocidad de paso a través de la reja de barras se puede controlar mediante la instalación de un dispositivo de control aguas abajo de la reja, como un aforador Parshall, o, para el caso de rejas situadas aguas arriba de una estación de bombeo, controlando el nivel del pozo de bombeo. Si el sistema empleado para el control de la velocidad en el canal es este último, se pueden permitir velocidades de paso menores siempre y cuando se produzcan altas velocidades de circulación, capaces de arrastrar sedimentos y limpiar el canal, en condiciones normales de funcionamiento.

Las pérdidas de carga que se producen al circular el agua a través de las rejas dependen de la velocidad de aproximación del agua y de la velocidad de circulación a través del elemento. Las rejas crean pérdidas de carga comprendidas entre 0,1-0,2 m para las rejas gruesas y entre 0,2-0,4 m para las rejas finas.

Se recomienda que el material de las rejas sea de acero galvanizado o acero inoxidable.

▪ **Automatismo y protección de las rejas mecánicas.**

El funcionamiento, generalmente discontinuo, del dispositivo de limpieza de la reja, puede automatizarse mediante:

- Temporización: Se establece la secuencia de trabajo en función del tiempo de funcionamiento diario calculado, mediante un reloj eléctrico de cadencia-duración regulable.
- Pérdida de Carga: La operación de limpieza se pone en marcha automáticamente cuando la pérdida de carga entre la zona anterior y posterior de la reja, debido a la colmatación parcial de la misma, sobrepasa un valor establecido.
- Sistema combinado de temporización y pérdida de carga.

El motor de accionamiento del aparato de limpieza actúa en función de las variables que se le hayan introducido, de forma que cuando llegue a un valor señalado de antemano se cierra el circuito, poniendo en marcha el motor. Los mecanismos de limpieza de las rejjas suelen estar provistos de controles <<manual>>-<<off>>-<<automático>>. En la posición <<manual>>, los rastrillos de limpieza funcionan de forma continua. En la posición <<automático>>, su funcionamiento se puede activar al superarse cierto valor establecido de la pérdida de carga o mediante un temporizador. El funcionamiento mediante temporizador, durante un periodo de tiempo ajustable por el operario, normalmente de unos 15 minutos de duración, se recomienda cuando existan mecanismos automáticos que pongan en marcha la rejja al alcanzarse un nivel máximo o una pérdida de carga diferencial prefijada.

Las ventajas del sistema gobernado por la pérdida de carga con respecto al de limpieza con intervalo fijo de tiempo son:

- Funcionamiento del sistema limpiador sólo cuando es necesario.
- Ahorro consiguiente de energía.
- Mayor cantidad de materia retenida.
- Menor desgaste de maquinaria.

El sistema de automatismo con intervalo de tiempo fijo, tiene, sin embargo, la gran ventaja de sencillez de funcionamiento y no ser necesario personal especializado para su mantenimiento.

Las rejjas deben ir equipadas con un dispositivo limitador de par, para en caso de sobrecarga o de bloqueo la pongan fuera de servicio, evitando el deterioro de la misma.

Deberán instalarse dos o más unidades, de forma que una de ellas pueda estar fuera de servicio por razones de mantenimiento. Si sólo hubiese una unidad instalada, será absolutamente necesario que se prevea un canal de bypass con una rejja de limpieza manual para su uso en caso de emergencia. El flujo a través del

canal de bypass está impedido normalmente por medio de tablonces de cierre o una compuerta cerrada.

#### **4.2. TAMICES.**

El tamizado consiste en una filtración sobre soporte delgado que se utiliza en numerosos campos del tratamiento de agua. Para el pretratamiento de las aguas residuales se utilizan pasos entre 1 y 6 mm.

Los primeros tamices de gruesos empleados eran de tipo circular o de disco, equipados con una placa de bronce perforada con aberturas en forma de ranuras con anchuras de 3 mm o inferiores, y se empleaban como medio para proporcionar tratamiento primario, en lugar de tanques de sedimentación. El mecanismo de separación consistía en placas de bronce o de cobre con ranuras fresadas. Desde principios de los años setenta, el interés por el uso de todo tipo de tamices en el campo del tratamiento de las aguas residuales ha experimentado un considerable aumento. Su campo de aplicación se extiende desde el tratamiento primario hasta la eliminación de los sólidos en suspensión residuales de los efluentes procedentes de los procesos de tratamiento biológicos. Este renovado interés ha surgido, en gran medida, como consecuencia de la mejora en los materiales y en los dispositivos disponibles para el tamizado, además de la continua investigación realizada en este campo. Los tamices modernos pueden ser de diversas formas, provistos de una malla fina de acero inoxidable o de un material no férreo.

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



obtener los siguientes rendimientos:

- Retención de DBO: 10-15%.
- Retención de S.S.: 15-25%.
- Retención de arenas: 10-80%.

Un aspecto importante en la selección de los tamices es la alta pérdida de carga que producen, de 0,5 a 2,0 m, en función de varios factores: diseño del tamiz, tamaño y fresado de las ranuras, el diámetro y densidad de las mallas y, especialmente, del porcentaje de superficie libre (se determina experimentalmente). La pérdida de carga a través de un tamiz limpio es prácticamente despreciable. Lo importante es determinar la pérdida de carga durante el funcionamiento, que depende de la cantidad y tamaño de los sólidos presentes en el agua residual, del tamaño de las aberturas, y del método y frecuencia de las operaciones de limpieza.

Los tamices deben construirse obligatoriamente en material inoxidable de alta calidad.

Los tamices más usuales en el pretratamiento de las aguas residuales son los siguientes:

- Tamices estáticos autolimpiantes. Llevan una reja constituida por barras horizontales, de acero inoxidable, rectas o curvadas, de sección triangular. El agua se distribuye en la parte superior de la reja cuya inclinación sobre la horizontal disminuye progresivamente de arriba a abajo, entre 65°-45° aproximadamente. Se obtienen así sucesivamente los efectos de separación, escurrido y evacuación de las materias sólidas.
- Tamiz curvo estático. El tamiz curvo se diseña con pendiente variable. En la parte superior del tamiz a 25° con la vertical, la mayor parte del fluido se extrae por la parte inferior de la corriente. Cuando el ángulo del tamiz cambia a 35°, se separa algún fluido adicional, y normalmente

los sólidos en masa comienzan a rodar sobre la superficie, debido a la energía cinética residual. Esta acción compacta ligeramente los sólidos. En la zona final del tamiz, los sólidos tienden a adquirir un movimiento por los sólidos acumulados, permitiendo su descarga sobre una cinta o contenedor.

El núcleo fundamental de la unidad es el conjunto de barras o hilos del tamiz. La disposición de alambres transversales con curvas sinusoidales en el sentido del flujo proporciona una superficie relativamente no-atascable con alto poder de filtrabilidad.

Los tamices están hechos de acero inoxidable y con aberturas libres de 0,2-1,5 mm.

- Tamices rotativos. Llevan una reja cilíndrica de eje horizontal, constituida por barras de acero inoxidable, de sección trapezoidal, la cual gira lentamente. Las materias retenidas en la reja se recuperan por medio de un rascador fijo, y se evacúan.

Para la instalación de los tamices estáticos y rotativos, deben tenerse en cuenta las pérdidas de carga, del orden de 2 metros, lo que obliga en la mayoría de los casos a un bombeo suplementario.

- Tamices deslizantes. Son de tipo vertical y continuo. Los sólidos retenidos son separados mediante bandejas horizontales u otro tipo de artilugios, distribuidos a lo largo de él. En el caso del sistema de bandejas, los sólidos son separados en la zona superior del tamiz, mediante chorros de agua que los arrastra al exterior.

Una variante de este sistema los constituye el AQUA-GUARD, que utiliza una especie de dientes de material plástico, colocados escalonadamente, formando una cadena sin fin. La descarga se realiza fácilmente por gravedad

cuando la cadena gira sobre la rueda dentada de tracción.

La pérdida de carga para este tipo de tamices oscila entre 0,1 - 0,4 m.

- Tamices de escalera móvil. Están formados por un gran número de láminas de acero inoxidable en forma de escalones. Una de cada dos láminas es móvil y describe un movimiento circular mediante un motor móvil, una caja de engranajes, cadenas y ruedas excéntricas. Las partículas que quedan atrapadas en las barras del filtro se elevan automáticamente hasta la siguiente barra fija del escalón, cada vez que la escalera de láminas completa un ciclo de rotación.

Con este sistema de extracción de los sólidos retenidos, son difíciles las obstrucciones, teniendo capacidad de elevación de sólidos de gran tamaño.

La pérdida de carga para este tipo de tamices oscila entre 0,2 - 1 m.

- **Volumen y evacuación de residuos retenidos.**

El volumen de residuos varía de una estación a otra, siendo una partida difícil de calcular si no se poseen datos reales de operación.

La cantidad de residuos depende fundamentalmente de la separación entre barrotes o pletinas, del caudal de agua residual, del tipo de colectores y de las características particulares de cada comunidad.

Podemos adoptar como valores normales:

- Para rejas gruesas (con separación entre barrotes 25-50 mm), de 2-5 l/hab/año.

- Para rejas finas (con separación entre barrotes de 10-25 mm), de 5-15 l/hab/año.
- Para tamices (con separación entre 1 y 6 mm), de 15-40 l/hab/año.

En el caso de redes unitarias, el volumen de residuos es muy variable debido a las lluvias y tormentas. El volumen también varía según la longitud de los colectores y redes de alcantarillado, o si existen vertidos industriales intermitentes o estacionales (tejidos, productos alimentarios...).

En cuanto a la composición de los residuos es muy variable dependiendo de las características de los vertidos urbanos e industriales. Predominan los de origen orgánico, siendo normal la existencia de trapos, cuerdas, plástico y demás útiles empleados con normalidad en viviendas y pequeñas industrias urbanas. Los más inimaginables objetos que se han encontrado en el desbaste: arboles, neumáticos, animales domésticos, traviesas de ferrocarril, cabezas de ganado, etc.

Los desechos recogidos sobre rejas y tamices se evacuan manualmente (en un cestillo perforado o no, en vagoneta o en una cuba de extracción), mecánicamente mediante un transportador de rasquetas con desplazamiento continuo o alterno, o hidráulicamente mediante un canal alimentado con agua por bombeo. Pero, además de éstos, el método más usado en la actualidad es la utilización de cintas transportadoras con sistema automático de arranque y parada sincronizado con el de la reja.

Los sólidos se depositan en contenedores. En instalaciones importantes se utilizan prensas hidráulicas especiales, para detritus, previo a su depósito en contenedores. De esta forma se consigue:

- Disminuir la humedad al prensar los residuos, disminuyéndose así peso y volumen para transporte.

- Al reducir la humedad se retrasa el proceso de fermentación, y en consecuencia los olores. Permite la retirada de estos productos prensados con una periodicidad mayor.

Los residuos de desbaste se depositan, normalmente, en vertederos, pudiendo también incinerarse en un horno. La temperatura de combustión deberá ser superior a 800 °C para evitar que se produzcan malos olores.

## **5. DESARENADO.**

Su función es separar los elementos pesados en suspensión (arenas, arcillas, limos), que lleva el agua residual y que perjudican el tratamiento posterior, generando sobrecargas en fangos, depósitos en las conducciones hidráulicas, tuberías y canales, abrasión en rodets de bomba y equipos, y disminuyendo la capacidad hidráulica. La retirada de estos sólidos se realiza en depósitos, donde se remansa el agua, se reduce la velocidad del agua, aumentando la sección de paso. Las partículas en suspensión, debido al mayor peso, se depositan en el fondo del depósito denominado desarenador. Esta retención se podría hacer en los tanques de decantación, pero la mezcla de arenas y lodos complicaría los procesos siguientes del tratamiento de lodos.

La entrada de arena en los elementos de los tratamientos primario y secundario perturbaría su funcionamiento por las siguientes razones:

- Por aumento de densidad del fango, lo que dificulta su separación de las paredes y el fondo de los depósitos, así como de las conducciones.
- Por aumento del riesgo de atascamientos por acumulaciones en canales y tuberías, sobre todo en los cambios de dirección.
- Por la abrasión provocada sobre los elementos mecánicos en movimiento.

Es por ello necesario proceder a la separación de las arenas en el pretratamiento.

▪ **Características de las arenas.**

Las arenas consisten en arena, grava, cenizas y otros materiales pesados con pesos específicos o velocidades de sedimentación considerablemente superiores a los de los sólidos orgánicos putrescibles. Al margen de estos materiales, la arena también incluye cáscaras de huevo, pedazos de hueso, semillas, granos de café, y partículas orgánicas de gran tamaño tales como residuos de comidas.

Generalmente, la fracción que se elimina como arena es básicamente inerte y relativamente seca. No obstante, la composición de las arenas es muy variable, con un contenido en humedad variable entre el 13 y el 65 por 100, y un contenido volátil entre el 1 y el 56 por 100. El peso específico de la arena limpia alcanza valores del orden de 2,7 si el contenido de materia inerte es elevado, pero puede ser tan bajo como 1,3 si existe una importante cantidad de materia orgánica adherida a la materia inerte. Para caracterizar las arenas, se suele emplear una densidad global de 1.600 kg/m<sup>3</sup>.

Con frecuencia, las arenas contienen tal cantidad de materia orgánica que si no se procede a su lavado tras su separación del agua residual entran en putrefacción. La mayor parte de los problemas que se dan en los procesos situados aguas abajo de los desarenadores se achacan a las partículas de arena mayores de 0,2 mm.

La distribución real de los tamaños de las partículas de arena retenidas presenta variaciones debido a las diferencias de las características de las redes de alcantarillado, así como variaciones en la eficiencia de eliminación de arenas. Generalmente, la mayor parte de las arenas queda retenida en el tamiz núm. 100 (correspondiente a 0,15 mm), alcanzándose en ocasiones el 100 por 100 de

retención en este tamiz. No obstante, las arenas pueden ser mucho más finas. En el sureste de los Estados Unidos, donde la arena conocida como «arena de azúcar» constituye una parte importante de las arenas, se obtuvo un porcentaje de retención inferior al 60 por 100 en el tamiz núm. 100 para las arenas de una determinada ciudad.

El término "arena" empleado en el tratamiento de las aguas residuales corresponde a partículas que poseen las dos características siguientes:

- No son putrescibles.
- Tienen velocidades de sedimentación sensiblemente superiores a las de los sólidos orgánicos putrescibles.

Esta segunda característica diferencial constituye el principio de funcionamiento de los desarenadores.

### **5.1. Desarenadores.**

Los desarenadores se instalan para:

- 1) Proteger los elementos mecánicos móviles de la abrasión y el excesivo desgaste.
- 2) Reducción de la formación de depósitos pesados en el interior de las tuberías, canales y conducciones.
- 3) Reducción de la frecuencia de limpieza de los digestores provocada por la excesiva acumulación de arenas. La eliminación de las arenas es esencial como paso previo a las centrífugas, intercambiadores de calor y bombas de diafragma de alta presión.

Los desarenadores se suelen colocar después del desbaste y antes de los tanques de sedimentación primaria, aunque en algunas instalaciones, el desare-

nador precede al desbaste. Normalmente, la instalación del desbaste antes del desarenador facilita la explotación y el mantenimiento de los elementos de separación de arenas.

Normalmente, la ubicación de los desarenadores antes del bombeo del agua residual, en los casos en los que resulte conveniente, comportará la instalación de los mismos a una profundidad considerable, lo cual implicará un coste adicional. Por ello, se suele considerar como más económico bombear el agua residual, incluidas las arenas, hasta los desarenadores situados en un lugar conveniente en relación a la posición de las restantes unidades de la planta, a sabiendas de la mayor labor de mantenimiento que hay que realizar en las bombas.

▪ **Parámetros de diseño.**

El estudio teórico del desarenador está relacionado con los fenómenos de sedimentación de partículas granuladas no floculantes. El estudio de las velocidades de sedimentación se puede realizar utilizando las fórmulas de Stokes (en régimen laminar), de Newton (en régimen turbulento), y de Allen (en régimen transitorio). Deben aplicarse algunas correcciones para tener en cuenta:

- La forma de las partículas (factor de esfericidad).
- La concentración de sólidos en suspensión (si sobrepasa el 0.5%).
- La velocidad de flujo horizontal.
- La temperatura del agua residual.

En la práctica se pueden tomar como base los datos válidos en sedimentación libre, para partículas de arena de densidad 2,65, para una temperatura del agua residual de 15,5°C y una eliminación del 90%.

Diámetro part. eliminadas	Veloc. sedimentación
0,150 mm	40-50 m/h



0,200 mm	65-75m/h
0,250 mm	85-95m/h
0,300 mm	105-120 m/h

---

Los desarenadores se diseñan para eliminar partículas de arenas de tamaño superior a 0,200 mm con un peso específico medio de 2,05, con un porcentaje medio de eliminación del 90%. Si el peso específico de la arena es sustancialmente menor de 2,65, deben usarse velocidades de sedimentación inferiores a las expuestas en el cuadro anterior.

Las aguas residuales contienen materias orgánicas de granulometría importantes, que sedimentan con la misma velocidad que las partículas de arena y cuya extracción no interesa. Este problema se evita con el llamado "Barrido o limpieza de fondo".

Se explica por el hecho de que existe una velocidad crítica del flujo a través de la sección, por encima de la cual las partículas de un tamaño y densidad determinadas, una vez sedimentadas, pueden de nuevo ser puestas en movimiento y reintroducidas en la corriente. Para partículas de 0,200 mm de diámetro y peso específico de 2,65, la velocidad crítica de barrido es de 0,25 m/s, adoptándose en la práctica a efectos de diseño una velocidad de 0,30 m/s. Manteniendo esta velocidad, se considera que las arenas extraídas tengan un contenido en materia orgánica menor del 5%.

Se ha deducido experimentalmente que la mayor velocidad de caída de la materia orgánica es de 3 a 4 cm/s. Por consiguiente, si se fija la velocidad ascendente de un desarenador en 6 cm/s se puede asegurar que no habrá depósito de materia orgánica mientras que los granos de arena de 0,25 a 0,5 mm quedarán retenidos en su mayor parte.

▪ **Tipos de desarenadores.**

Existen tres tipos generales de desarenadores: de flujo horizontal (de diseño rectangular o cuadrado), aireados y de vórtice.

En el primero de ellos, el agua circula a través del elemento en dirección horizontal y la velocidad de circulación se controla por la propia geometría de la unidad, con compuertas de distribución especiales, y mediante la adopción de vertederos de secciones especiales a la salida del canal.

El desarenador aireado consiste en un tanque de aireación de flujo helicoidal en el que se induce una velocidad en espiral que se controla por la propia geometría del tanque y por la cantidad de aire suministrada a la unidad.

El desarenador de vórtice consiste en un tanque cilíndrico en el que el agua entra siguiendo una dirección de flujo tangencial creando un flujo en vórtice; las fuerzas centrífugas y gravitatorias son las responsables de la separación de las arenas.

El proyecto de los desarenadores se suele basar en la eliminación de partículas de arena con peso específico de 2,65 para un agua residual a temperatura de 15,5°C. Sin embargo, el análisis de los datos de eliminación de arenas indica que el peso específico de las partículas eliminadas varía entre 1,3 y 2,7.

Desarenadores rectangulares de flujo horizontal. El tipo de desarenador más antiguo empleado en el tratamiento de las aguas residuales es el desarenador de flujo horizontal con control de velocidad. Estas unidades se proyectan de modo que se mantenga una velocidad lo más cercana posible, a 0,3 m/s, y que proporcione suficiente tiempo como para que sedimenten en el fondo del canal las partículas de arena. La velocidad de diseño indicada permite la circulación a través de la unidad de la mayor parte de la materia orgánica y la puesta en suspensión de todas

aquellas partículas orgánicas que hayan sedimentado, pero permite la sedimentación de la arena pesada.

El proyecto de desarenadores de flujo horizontal deberá realizarse de tal forma que, bajo las condiciones más adversas posibles, la partícula de arena más ligera alcance el fondo del canal antes de llegar al extremo del mismo. Normalmente, los desarenadores se proyectan para eliminar todas las partículas de arena que quedan retenidas en un tamiz de malla 65 (diámetro de 0,21 mm), aunque muchos desarenadores hayan sido diseñados para eliminar partículas de arena retenidas en un tamiz de malla 100 (diámetro 0,15 mm). La longitud del canal vendrá dada por la profundidad que requiere la velocidad de sedimentación y la sección de control, y el área de la sección transversal vendrá impuesta por el caudal y el número de canales. Deberá preverse cierta longitud adicional para tener en cuenta la turbulencia que se produce a la entrada y a la salida del canal; para lo cual se recomienda un incremento mínimo del 50 por 100 de la longitud teórica prevista.

La extracción de las arenas de los desarenadores de flujo horizontal se suele llevar a cabo mediante un mecanismo transportador dotado de rasquetas o cangilones. La elevación de las arenas para su posterior lavado y eliminación se realiza mediante tornillos o elevadores de cangilones. En ocasiones, en plantas de pequeño tamaño, el lavado de las arenas se realiza manualmente.

Desarenadores cuadrados de flujo horizontal. Los desarenadores cuadrados de flujo horizontal se han venido utilizando durante más de 50 años. El caudal afluente a la unidad se distribuye en la sección transversal del canal mediante una serie de compuertas o deflectores, y el agua residual distribuida circula a través del tanque siguiendo una trayectoria recta hasta rebosar libremente por un vertedero. Generalmente suele ser recomendable contar con un mínimo de dos unidades o bien disponer de un bypass temporal. Estos desarenadores se proyectan en función de la carga de superficie, que depende del tamaño de las partículas y de la temperatura del agua residual. Nominalmente, están concebidos para eliminar el 95 por 100

de las partículas retenidas en el tamiz núm 100 (15 mm) en condiciones de caudal punta.

En los desarenadores cuadrados, los sólidos son conducidos a un cuenco situado a un lado del tanque mediante un mecanismo de rasquetas. Las arenas sedimentadas se pueden extraer con un mecanismo transportador-clasificador constituido por una rampa provista de un mecanismo de rastrillo o por bombeo desde el tanque a un ciclón para la separación de la materia orgánica y la arena concentrada. Esta puede ser sometida a un proceso de limpieza con clasificador oscilante o un tornillo transportador inclinado. Con ambos métodos se consigue separar de la arena los sólidos orgánicos, que se retornan al tanque desarenador, con lo cual se consigue una arena más limpia y seca.

Desarenadores aireados. El descubrimiento de acumulaciones de arena en los tanques de aireación de flujo en espiral, precedidos por desarenadores, condujo al desarrollo del desarenador aireado. Sin duda alguna, el excesivo desgaste de los equipos de manipulación de la arena, y la frecuente necesidad de un equipo independiente de lavado de la misma, motivaron la actual popularidad de este tipo de desarenador.

Los desarenadores aireados se suelen proyectar para tiempos de retención entre 2 y 5 minutos en condiciones de caudal punta, una carga hidráulica máxima de 70 m<sup>3</sup> de agua/m<sup>2</sup> de superficie libre y por hora, permiten una retención del 80% de las arenas con una granulometría de 250 micras (a caudal máximo) y de 150 (a caudal mínimo).

La sección transversal del canal es semejante a la los tanques de aireación de fangos activados de circulación espiral, con la excepción de que se incluye un canal de recogida de arenas de unos 0,9 m de profundidad, con paredes laterales muy inclinadas, que se ubica a lo largo de un lateral del depósito, bajo los difusores de aire.

Los difusores se sitúan entre 0,45 y 0,6 m por encima de la base normal del tanque. Para el control hidráulico del elemento y para mejorar la eficacia en la eliminación de arenas se suelen usar deflectores tanto en la entrada como en la salida del agua.

El aire que se inyecta provoca una rotación el líquido, y crea una velocidad constante de barrido de fondo, perpendicular a la velocidad de paso, la cual, mucho menor, puede entonces variar sin que provoque ningún inconveniente. El aire inyectado, además de su papel motor, favorece por su efecto de agitación, la separación de las materias orgánicas que pueden quedar adheridas a las partículas de arena.

La velocidad de la rotación transversal o la agitación determinan el tamaño de las partículas de un peso específico dado que serán eliminadas. Si la velocidad es excesivamente elevada, se arrastrará arena fuera del tanque, mientras que si la velocidad es demasiado pequeña, se producirá la sedimentación de una parte de la materia orgánica junto con la arena. Afortunadamente, el ajuste de la cantidad de aire suministrado es fácil de realizar. Con un ajuste adecuado, se puede alcanzar un porcentaje de eliminación cercano al 100 por 100, y la arena estará bien limpia (las arenas que no están bien limpias y contienen una fracción de materia orgánica provocan problemas de olores y atraen a insectos). El agua residual circula por el tanque siguiendo una trayectoria helicoidal y pasará dos o tres veces por el fondo del tanque en condiciones de caudal punta, incrementándose el número de pasadas por la parte inferior del tanque cuanto menor sea el caudal. El agua residual se debe introducir en el elemento siguiendo la dirección de rotación.

Para determinar la pérdida de carga en la circulación por el desarenador, es necesario tener en cuenta la expansión volumétrica provocada por el aire introducido.

Para la extracción de arenas, los desarenadores aireados emplean bombas aspirantes, transportadores de tornillo helicoidal, bombas de chorro, y de emulsión

con aire. También se suelen proveer de cucharas bivalvas que se desplazan sobre un monorraíl centrado sobre el canal de almacenamiento y recogida de arena. Una ventaja adicional del sistema de cucharas bivalvas es que se puede mejorar la limpieza de las arenas dejándolas caer desde la cuchara a través del contenido del tanque. Otras instalaciones están equipadas con transportadores de cadena de cangilones, que se deslizan a lo largo de los canales de recogida empujando la arena hasta un extremo de los mismos y la elevan por encima del nivel del agua de forma continua.

Los equipos para la eliminación de arenas que se instalan en los desarenadores aireados sufren los mismos problemas de desgaste que se han observado en el caso de los desarenadores de flujo horizontal.

En las zonas en las que se vierten aguas industriales a la red de colectores de la planta, es necesario tener en cuenta el desprendimiento de COVs debido a la agitación por aire que se produce en los desarenadores aireados. El desprendimiento de cantidades importantes de COVs puede representar un factor de riesgo para la salud de los operarios de la planta. En los casos en los que el desprendimiento de COVs constituye un problema importante, puede ser necesario cubrir las instalaciones o adoptar sistemas de desarenado sin aireación.

Los desarenadores aireados, por todo lo comentado, ofrecen muchas ventajas sobre otros tipos, tales como:

- El agua se airea, con lo que se evita, o aminora la producción de olores.
- Rendimientos constantes para ampliar variaciones de caudal.
- Pérdidas de carga muy pequeñas.
- Las arenas extraídas tienen un bajo contenido de materia orgánica, siempre que se controle adecuadamente el caudal de aire.
- Posibilidad de utilizarlo como desengrasador, cuando el contenido en grasas del agua bruta, no es excesivo.

Desarenadores de vórtice. La separación de arenas también se lleva a cabo en elementos en los que el flujo de agua provoca la formación de un vórtice. En uno de los tipos de desarenadores tanto la entrada como la salida del agua residual se lleva a cabo en dirección tangencial. La turbina giratoria mantiene una velocidad de circulación constante, y sus palas ajustables promueven la separación de la materia orgánica de la arena. La acción de la turbina giratoria induce una trayectoria toroidal de las partículas de arena. En cada giro completo del contenido del tanque, la arena sedimenta por gravedad y se recoge en un cuenco desde donde se puede extraer con una bomba de arenas o del tipo air-lift. La arena extraída con bomba de arenas se puede descargar en un hidrociclón para la eliminación de la materia orgánica. La arena extraída con un air-lift se puede separar en un tamiz estático autolimpiante con malla de sección. Si se instalan más de dos unidades, es necesario disponer elementos especiales para la división del caudal.

En el segundo tipo de desarenadores la entrada de agua en dirección tangencial por la parte superior del aparato genera un vórtice libre. El efluente sale por el centro de la parte superior desde un cilindro rotatorio, u «ojo» del fluido. Dentro de este cilindro, las fuerzas gravitacionales minimizan la liberación de partículas con densidades mayores que la del agua. La arena sedimenta por gravedad en la parte inferior del aparato, mientras que la materia orgánica, incluida la materia separada de las partículas de arena por acción de las fuerzas centrífugas, abandona el aparato con el efluente. La materia orgánica que sedimenta junto con las partículas de arena se separa de éstas conforme se desplazan por la base inferior de la unidad. La pérdida de carga en el desarenador es función del tamaño de las partículas que hay que separar y crece de manera importante cuanto más finas sean las partículas. Este tipo de unidad de separación de arenas ha sido desarrollado muy recientemente y está dimensionado para el tratamiento de caudales punta de hasta  $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$  por unidad. La arena se extrae del desarenador mediante una cinta transportadora. Debido a su altura total, este tipo de desarenadores requiere mucha excavación o una estación de elevación si la unidad se instala en superficie.

▪ **Cantidades de arena.**

La cantidad de arena varía mucho de un lugar a otro según el tipo de red de alcantarillado, las características de la zona servida, el estado de las alcantarillas, la frecuencia con la que se esparce arena en las calles para combatir las heladas, el tipo de residuos industriales, número de trituradoras de basura domésticos y la cantidad de terreno arenoso de la zona.

Es difícil interpretar los datos de eliminación de arenas debido a que éstas, están poco caracterizadas, y apenas existen datos sobre eficiencias relativas de eliminación. La información que existe sobre las arenas se ha obtenido a partir de los materiales separados bajo la denominación genérica de arenas. No se suelen llevar a cabo ensayos granulométricos de los afluentes y efluentes de los desarenadores. Estas son las razones que hacen imposible establecer comparaciones entre las eficiencias de eliminación de los diferentes sistemas de separación de arenas.

▪ **Evacuación y tratamiento de las arenas.**

El volumen de arenas extraídas de los desarenadores, es muy variable en función del sistema de recogida de las aguas (red unitaria o separativa), estado de los colectores, condiciones climáticas, tipos de vertido, etc., siendo éste un aspecto muy importante a considerar previamente al diseño del pretratamiento. Su falta de previsión ha determinado a veces, importantes problemas de funcionamiento al llegar a la depuradora volúmenes muy superiores a los teóricos considerados (poblaciones con calles sin pavimentar, donde nieva o hiele, redes de alcantarillado en mal estado).

Según los datos de varias plantas, los volúmenes de arenas extraídas pueden oscilar entre 1-15 l/hab/año (valor normal para redes unitarias: 9) ó 10-170 l/1000 m<sup>3</sup> (valor normal para redes unitarias: 100).



Si se desconocen datos reales sobre la cantidad de arenas existentes en un A.R., es necesario diseñar con amplitud los sistemas de extracción, considerando valores normales: 50 litros/m<sup>3</sup> de agua residual.

Los sistemas de extracción pueden ser:

- Manuales.
- Por un conjunto de emulsores de aire, de funcionamiento sincopado (recogida en tolvas inferiores).
- Por barrido (por cadenas sin fin o por un puente de rasquetas) hacia una fosa de recogida de extremo, seguido de una recogida por bombeo.
- Directamente por bomba aspirante (o emulsor de aire) montada sobre puente rodante. La arena se separa de la emulsión impulsada por un medio mecánico que reduce la proporción de materias orgánicas asociadas.

En los desarenadores aireados, la arena puede extraerse mediante air-lift, bombas especiales o rasquetas de barrido que empujan las arenas a una tolva de la que son extraídas al exterior.

La separación de la mezcla arena-agua, extraída de los desarenadores puede realizarse por:

- Sedimentación en un depósito poco profundo, con evacuación del agua por losas filtrantes o vertedero de rebose.
- Separación mecánica (Tornillo de Arquímedes o clasificador alternativo de rastrillos) y almacenamiento en una tolva fija o en un contenedor.
- Mediante hidrociclón y almacenamiento en tolva con vertedero de rebose.
- Mediante hidrociclón y recogida por tornillo de Arquímedes, antes de su almacenamiento en tolva fija o en un contenedor.

Las características de las arenas recogidas en desarenadores de flujo horizontal y en desarenadores de ciclón varían ampliamente entre lo que normalmente se suele conocer con el nombre de arena limpia hasta arena que presenta un alto contenido en materia orgánica putrescible. Las arenas no lavadas pueden contener hasta un 50 por 100 o más de materia orgánica. A no ser que se evacue con rapidez, este material puede atraer insectos y roedores y tiene un olor marcadamente desagradable.

La eliminación de la mayor parte de la materia orgánica se puede llevar a cabo mediante separadores y lavadores de arenas. En los casos en los que parte de la materia orgánica más pesada permanece con la arena, se suelen emplear lavadores de arenas para proporcionar un segundo nivel de separación de sólidos volátiles.

Existen a disposición de los técnicos dos tipos principales de lavadores de arenas. Uno de ellos se basa en un dispositivo con rastrillo oscilante sumergido en su extremo inferior que proporciona la agitación necesaria para la separación de la arena de los materiales orgánicos y, al mismo tiempo, eleva aquélla hasta un punto de descarga situado por encima del nivel del. Otro tipo emplea un tornillo de Arquímedes que transporta la arena por un conducto inclinado ascendente. Ambos tipos se pueden equipar con dispositivos de rociado con agua para mejorar la acción limpiadora.

El método más comúnmente empleado para la eliminación de la arena es la evacuación al terreno como relleno, cubriéndola cuando sea necesario. En algunas plantas de grandes dimensiones, la arena se incinera junto con los fangos. Al igual que con los residuos de desbaste, algunos estados obligan a la estabilización de las arenas con cal antes de su evacuación a un vertedero. En todos los casos, la eliminación de las arenas se debe llevar a cabo de acuerdo con las normas medioambientales adecuadas.

## **6. DESENGRASADO.**

Son importantes los volúmenes de grasas que se vierten en los colectores, procedentes de los garajes (desprovistos generalmente de decantadores de grasas antes de su acometida a la red de alcantarillado), de los hogares y calefacciones, de lavaderos, mataderos y de la escorrentía superficial en colectores unitarios.

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

- En rejillas finas causan obstrucciones que aumentan los gastos de conservación.
- En los decantadores forman una capa superficial que dificulta la sedimentación al atraer hacia la superficie pequeñas partículas de materia orgánica.
- En la depuración por el sistema de fangos activados dificultan la correcta aireación disminuyendo el coeficiente de transferencia al 55-70% al subir las grasas de 0 a 70 mg/l, y participan en la producción del fenómeno de "bulking".
- Perturban el proceso de digestión de lodos, ya que presenta el inconveniente de favorecer la formación de una costra de lodos en el digestor, que deberá equiparse, en este caso, de un dispositivo de agitación eficaz.
- La D.Q.O. se incrementa en un 20 a 30%, en mataderos por ejemplo de un 8 a un 15% por las grasas contenidas en los vertidos.

Las cantidades de grasas incorporadas en las aguas residuales son muy variables, pero, para aguas urbanas, pueden considerarse unas cifras de 24 g por habitante y día, o bien el 28% de los sólidos en suspensión.

El objetivo de los desengrasadores es eliminar las grasas, aceites, espumas y demás materias flotantes más ligeras que el agua, que de otra forma podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores.

El desengrasado se realiza mediante insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y conseguir una mejor flotación de éstas.

Esta separación podría hacerse en los decantadores primarios, al estar provistos de rasqueta de barrido superficial, pero cuando el volumen de grasas es importante, su recogida es deficiente, con las consiguientes dificultades de explotación.

### **6.1. Tipos de desengrasadores.**

Los sistemas a utilizar dependen del tipo de aceite o grasa incorporado, así como de las concentraciones existentes en las aguas. Como ejemplo de la variación, puede analizarse el siguiente cuadro de muestras de distintas actividades.

#### Cámaras de grasas.

Tienen todas por fundamento el aprovechamiento de la menor densidad de los aceites y grasas, que las hace subir a la superficie al reducir la velocidad de las aguas en unas cámaras, dispuestas de modo que las aguas fluyan por la pared inferior a través de aberturas, o por debajo de tabiques suspendidos que hacen de espumadera.

#### Cámara de grasas KRAMER.

Uno de los tipos más empleados en Alemania es la cámara KRAMER emplazada antes de la sedimentación. Su planta es circular o cuadrada. En ella, al reducirse la velocidad, quedan en la superficie del tanque los aceites y grasas.

Con este aparato se eliminan de 50 al 70% de grasas y materias en suspensión. La capa superficial de grasas contiene 4 a 6% de grasa y 80 a 85% de agua. Los fangos recogidos tienen una proporción de agua del 90%.

#### Cámara de grasas IMHOFF.

Otro tipo práctico es el construido por el doctor IMHOFF, basado en la acción antiemulsiva de la aireación sobre el aceite, y la acción física de las burbujas de aire sobre el arrastre de las grasas. Su planta es rectangular con un fondo en forma de artesa, cubierta en su parte central por placas porosas, a través de las que se inyecta aire a presión. El tanque está dividido longitudinalmente por dos tabiques, incompletamente sumergidos, dejando un espacio central para la aireación y dos laterales para el desemulsionado por medio de placas.

Como velocidad ascensional de las burbujas de grasa puede estimarse entre 3 y 4 mm/s.

La eliminación de grasas en el momento actual pasa por:

- a) La emulsión de las grasas en el arenero mediante aireación, permitiendo su ascenso a la superficie, y su subsecuente retirada.
- b) Separación de grasas residuales en las balsas de decantación, retirando éstas por medio de rasquetas superficiales.

Otros tipos de separación de grasas pueden ser:

- Compuerta fija, que se abre periódicamente.
- Placa deflectora orientable.
- Tubo pivotante.
- Rasquetas de superficie.
- Bandas desengrasadores.
- Tambores desengrasadores.
- Sistema VORTEX, vertiendo en lámina fina sobre un recipiente, desde donde una bomba extrae las grasas.
- Flotación.

## **6.2. Desarenado-Desengrasado.**

El primer punto que surge al iniciar el dimensionamiento de los procesos de desarenado y desesludado es el de su realización conjunta o independiente. Analizando las interacciones que tienen lugar en la realización conjunta, se comprueba que:

- Las velocidades de sedimentación de las arenas y de flotación de las partículas de grasa no se modifican prácticamente por realizar el desarenado y la desesludación de grasas en el mismo depósito. Ello es lógico si se considera la diferencia de densidades entre las partículas de arena y de grasa.
- El aire comprimido añadido para la desesludación ayuda a impedir la sedimentación de las partículas de fango, poco densas por lo que la arena depositada en el fondo del desarenador es más limpia.
- Las partículas de arena, al sedimentar, deceleran las velocidades ascensionales de las partículas de grasa. Disponen así éstas de más tiempo para ponerse en contacto entre sí durante su recorrido hacia la superficie, aumentándose el rendimiento de la flotación de grasas.

Si el desengrasado se realiza de forma combinada con el desarenado, el proceso se lleva a cabo en el mismo recinto creando una zona de tranquilización donde se acumulan las grasas en su superficie, evacuándose por vertedero o por barrido superficial. Como puede verse, la realización de los procesos de desarenado y desesludado conjuntamente en un solo depósito conduce a resultados positivos en los rendimientos alcanzados en ambos procesos.

El dimensionamiento de los desarenadores con aeración se realiza en una doble vertiente:

Para caudales distintos (y lógicamente menores) se obtendrán también re-

tenciones de partículas con diámetros y pesos específicos menores, e incluso de fangos. El problema se traslada a la limpieza del material sedimentado. Aparece aquí una nueva razón favorable a la aeración en los desarenadores, el efecto producido por las burbujas de aire sobre la limpieza de las partículas con las que entran en contacto, así como la puesta en suspensión de la materia sedimentable no arenosa depositada en el fondo.

Las dimensiones del desarenador suelen ser de las siguientes magnitudes:

- Carga hidráulica:  $< 35 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  (a  $Q_{\text{max}}$ ).
- Tiempo de retención hidráulico 10-15 min (a  $Q$  medio).
- Caudal de aire introducido:  $0,5\text{-}2,0 \text{ m}^3/\text{h}$  por  $\text{m}^3$  de capacidad del desengrasador.

Respecto al rendimiento de la desemulsión de aceites y grasas, el volumen del desarenador y el caudal de aire comprimido, deben ser los adecuados para conseguir la desemulsión para el caudal medio diurno con un determinado porcentaje de grasas. En estas condiciones, puede conseguirse una eliminación del 80% de las materias grasas.

Por otro lado, al poder realizarse estos procesos simultáneamente, se puede conseguir ahorro de volumen total necesario para la realización de ambos procesos, adoptando como determinante y único el mayor volumen de los dos necesarios para cada uno de los procesos.

Los desengrasadores separados pueden ser aconsejables cuando se exige una mayor calidad del agua. En este caso, el desengrasador debe calcularse para una carga hidráulica  $\leq 20 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ . Se utilizan también en el pretratamiento de A.R. de algunas industrias (mataderos, industrias cárnicas) antes de su vertido al alcantarillado.

Las grasas y flotantes extraídos de los desengrasadores, junto con los flotantes procedentes de la decantación primaria suelen tratarse posteriormente en un concentrador de grasas donde se desprenden de su contenido en agua. Al quedar en reposo las aguas del fondo, pueden retornarse al pretratamiento.

Las grasas y espumas son en su mayor parte residuos orgánicos y podrían tratarse en la digestión anaerobia juntamente con los fangos, pero esta solución no es recomendable, ya que presenta el inconveniente de favorecer la formación de costras en el digestor.

Normalmente las grasas concentradas se almacenan en contenedores especiales y se envían posteriormente a un vertedero. También hay que pensar en la posibilidad de incinerar las grasas en el caso de que exista en la planta un horno de incineración de fangos o para tratamiento de fangos.

## **7. MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE RESIDUOS.**

En resumen los métodos para eliminar los sólidos recogidos del pretratamiento son:

- Enterramiento, si bien es necesario mucho espacio.
- Incineración, que resulta caro.
- Relleno de tierras, pero hay que dejarlos que drenen de 24 a 48 h.
- Incorporación al tratamiento de basuras urbanas, que es muy común, no como recuperación, sino como sistema compartido de recogida y eliminación.
- Transporte a vertedero, sistema más utilizado.



## **ANEXO II: CONTROL EN PLANTA**

## ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN .....	184
2. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS Y EQUIPOS .....	186
3. ANÁLISIS REALIZADOS EN EL LABORATORIO .....	194
4. CONTROL DE LA DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS .....	195

## ANEXO II: CONTROL E INSTRUMENTACIÓN EN PLANTA

### 1. INTRODUCCIÓN.

La planta de tratamiento debe ser analizada como un proceso total para el diseño del Sistema de Instrumentación y Control, el cual debe aplicar instrumentos para visualización, registro y control, que deben permitir lograr los siguientes objetivos:

- Operación segura de la planta:
  - Mantener las variables de proceso dentro de los límites seguros de operación.
  - Detección de situaciones peligrosas.
  - Prevención de procedimientos peligrosos de operación.
  - Anticiparse a condiciones particulares de operación por medio del conocimiento oportuno de parámetros que incidirán en la operación de la planta.
  - Producción de archivos históricos de datos de operación de la planta que permitan análisis o estudios posteriores tendientes a optimizar el proceso.

- Tasa de producción.

Mantener la disponibilidad y confiabilidad del servicio.

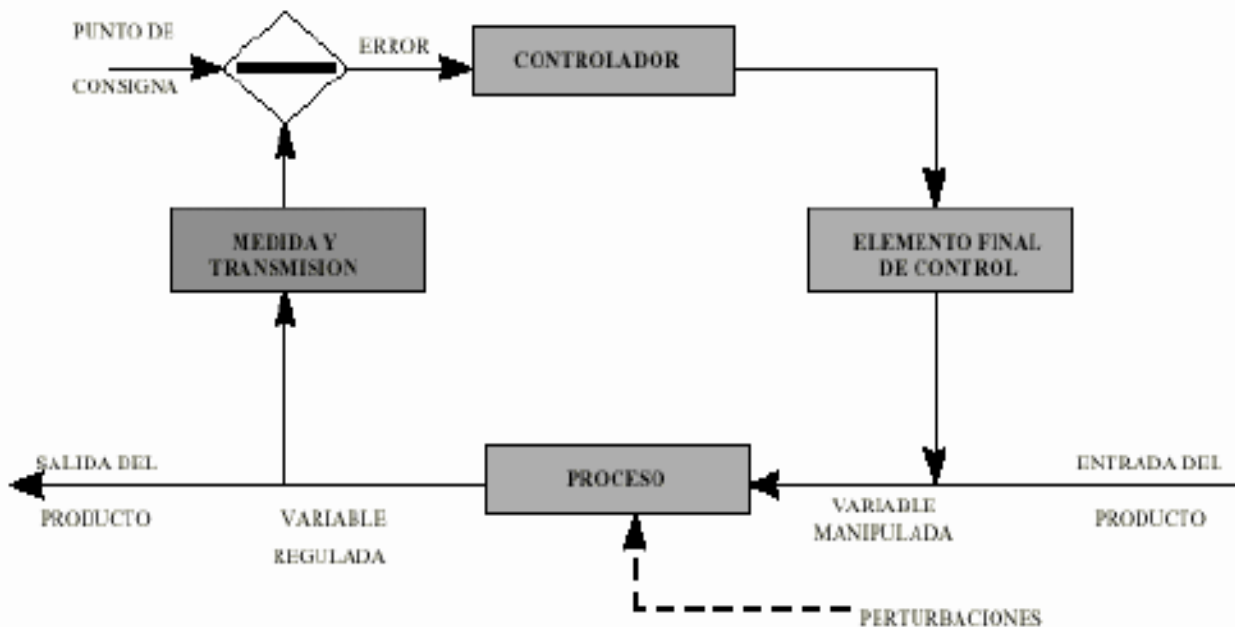
- Calidad del efluente.

Mantener la composición del efluente de la planta dentro de los estándares de calidad especificados.

- Costos.

Operación de la planta al menor costo posible, respetando las normas de calidad.

El sistema de supervisión y control típico de una variable está compuesto de un sensor o transductor (elemento primario), un transmisor de señal, un controlador, un sistema de visualización y/o registro y un actuador.



- **PARÁMETROS DE CONTROL DE LA PLANTA.**

Desde el punto de vista de la instrumentación, se pueden distinguir dos tipos de parámetros a medir:

- Parámetros medibles en continuo, que 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: caudal, presión, temperatura, pH, nivel,...

- **Parámetros a determinar mediante análisis químico:** Son aquellos que se medirán en el laboratorio, por lo que transcurre un determinado intervalo de tiempo entre la toma de la muestra y los datos analíticos de su composición. Ejemplos serían: nitratos, sólidos en suspensión, DQO, fósforo,...

## **2. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS Y EQUIPOS.**

Los instrumentos de control según el lugar que ocupen y la función que desempeñen se clasifican en:

- **Primarios:** colocados en el punto en donde se desea medir la variable, miden y transforman esta medida en una señal de transmisión que lleva el resultado de la medida a los aparatos secundarios.
- **Secundarios:** van colocados en panel, y son los que reciben la señal de los primarios (normalmente colocados en la sala de control).

A continuación se detallan la instrumentación utilizada en la planta:

- Medidor de pH: El medidor de pH incluye un electrodo de proceso y un electrodo combinado para referencia. Debe considerarse como uno de los parámetros más importantes para caracterizar y controlar los procesos de tratamiento, por lo cual debe disponerse de un sistema de medida del pH eficiente y que sea capaz de detectar pequeñas variaciones.

El medidor de pH es uno de los elementos más sensibles, por tal motivo debe someterse a una revisión continua para que ofrezca los datos precisos. Debe

realizarse un mantenimiento semanal a estos dispositivos para que logren su efectividad. Para obtener una eficiente aplicación en este sistema debe hacerse uso de equipos especialmente diseñados para trabajar en línea y adecuados a la calidad del agua. La variación en la exactitud de estos aparatos es aceptable desde 0,02 a 0,04 unidades de pH, son muy sensibles y necesitan cuidados continuos.

- Medidor de Turbiedad: La medición continua de la turbiedad por la falta de transparencia del agua debido a la presencia de partículas extrañas debe realizarse por medio de analizadores de turbiedad como el equipo o Unidad Nefelométrica de Turbiedad (UNT); otros son los analizadores ópticos que deben usarse cuando se tienen concentraciones medias de sólidos. Debe tenerse en cuenta que la unidad de medición actual es el UNT. Cuando se trata de evaluar pequeños valores de turbiedad es preferible el uso de turbidímetros de diseminación.

Se permite que las mediciones realizadas con estos dispositivos tengan un margen de error de 2% máximo. Dentro de las consideraciones generales para la instalación de los analizadores de turbiedad deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Los analizadores de turbiedad requieren atención frecuente y una calibración precisa.
  - Es conveniente pasar agua limpia por el instrumento.
  - Es aconsejable la toma de muestras cerca al sensor para llevarlas a ser evaluadas y así poder calibrar los analizadores.
- 
- Medidor de nivel: La medición del nivel debe ser muy cuidadosa para asegurar el funcionamiento correcto de cada proceso y obtener el balance adecuado de materias primas o del efluente de la planta.

Debe diferenciarse entre los medidores de nivel de líquidos y de sólidos de acuerdo al tipo de proceso, éstos últimos se utilizan principalmente en el manejo de lodos.

Debe tenerse el respectivo conocimiento de los tipos de medidores de nivel, entre los cuales deben encontrarse los que miden directamente la altura del líquido sobre una línea de referencia, medidores de presión hidrostática, dispositivos que miden el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso y los medidores que aprovechan las características eléctricas del líquido.

En los niveles bajo y medio de complejidad del sistema es conveniente utilizar medidores como la sonda, cinta y plomada, nivel de cristal e instrumentos de flotador. En los niveles medio alto y alto de complejidad del sistema es conveniente utilizar medidores manométricos, de membrana, de presión diferencial de diafragma, de desplazamiento a barra de torsión, conductivos, capacitivos, ultrasónicos y de radiación.

Deben ubicarse en todos los tanques que se encuentren en la planta de tratamiento. Se aceptan mediciones realizadas con estos aparatos que tengan porcentajes de error de + 0,5% a 1%.

Deben someterse a un control riguroso de operación y mantenimiento diario, ya que su información es indispensable para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento. Sus escalas deben limpiarse continuamente.

Se realiza medición de nivel en los siguientes puntos:

- Nivel de agua en el pozo de gruesos.
- Nivel de agua en rejas y tamices.
- Nivel de agua en canales de desarenadores.

Para ello el medidor seleccionado es por ultrasonidos: es un dispositivo que mide la altura mandando una señal ultrasónica contra una superficie y midiendo en tiempo de retardo con respecto al eco recibido.

- Medidor de caudal: Para la medición del caudal debe hacerse uso de medidores según sea el tipo de caudal volumétrico o másico deseado.

Debe adquirirse el conocimiento básico de los tipos de caudalímetros disponibles para realizar la mejor elección, entre los cuales se encuentran fluxómetros magnéticos, ultrasónicos, de turbina, medidores Venturi y de flujo de tubo, canaleta Parshall y vertederos, los cuales determinan el caudal directamente (desplazamiento) o indirectamente por deducción (presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, tensión inducida, torbellino).

Debe suministrarse suficiente espacio para facilitar una salida de servicio del medidor y poder ser llevado a calibración o mantenimiento. Los medidores deben estar localizados en medio de un juego de válvulas con una distancia mínima establecida en el manual del fabricante, a la vez que debe usar un sistema de conexión de by-pass para sacarlo de servicio sin afectar la continuidad del proceso.

Se permite que las mediciones realizadas con estos dispositivos tengan un margen de error de 2% máximo. El control del flujo debe realizarse continuamente tanto en el afluente como en el efluente, lo cual puede variar de acuerdo a la demanda. Deben someterse mínimo a una calibración mensual para que los datos sean confiables.

En la zona de Pretratamiento se lleva a cabo la medición del caudal en los siguientes puntos:

- Caudal de entrada de agua bruta a Planta.



- Caudal de agua elevado mediante Tornillos de Arquímedes.
- Caudal de agua en canales de Desbaste.
- Caudal de agua en canales del Desarenador-Desengrasador.

En el Pretratamiento, se utilizan medidores de nivel por ultrasonidos. En el caso de la entrada de agua residual al Desbaste, el mismo medidor de ultrasonidos se utiliza para medir caudales y niveles.

- Medidor de presión: Los instrumentos de presión deben estar sujetos a los siguientes grupos: mecánicos, neumáticos, electromecánicos y electrónicos. Es conveniente utilizar medidores manométricos, de presión diferencial de diafragma, capacitivos y ultrasónicos.

Deben drenarse continuamente para que los datos sean reales y no se altere en el momento de una sobrepresión, lo cual puede afectar la vida útil de estos dispositivos.

Se aceptan errores máximos en la medición de +1%. Se deben localizar donde las condiciones de temperatura y humedad relativa sean las más convenientes, los rangos típicos son -20 a 65°C y 0 a 95% de humedad relativa.

- Transmisores: Estos dispositivos captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos, en forma de señal neumática de margen de 0,21 a 1,053 kg/cm<sup>2</sup> (3 a 15 psi) o electrónica de 4 a 20 mA de corriente continua. El elemento primario puede formar o no parte integral del transmisor.

- Controladores: Estos dispositivos deben comparar la variable controlada con el valor deseado y ejercer una acción correctiva de acuerdo con la desviación. La variable controlada la pueden recibir directamente, como controladores locales o bien indirectamente en forma de señal neumática o electrónica procedente de un transmisor.

La calibración del controlador al valor deseado debe verificarse continuamente para que se efectúe la acción correctiva precisa y se optimice el proceso de tratamiento.

- Elementos de control final: Después de los instrumentos de sensibilidad son necesarios los sistemas de control final, los cuales deben permitir manipular y cambiar las condiciones del proceso para mantenerlas dentro del campo de medida deseado, estos elementos reciben la señal del controlador y modifica el caudal del fluido o agente de control.
- Actuadores eléctricos:
  - ✓ Deben usarse estos dispositivos para controlar la posición de válvulas y compuertas que ajusten el caudal dentro de un proceso de control continuo o discreto.
  - ✓ Debe tenerse continuamente disponibilidad de energía para que estos dispositivos funcionen. En caso de cortes energéticos debe disponerse de una planta eléctrica que tenga la capacidad suficiente para suplir el problema.
  - ✓ Deben controlarse los problemas de sobrecalentamiento y las posibles salidas de servicio en el momento que falte energía eléctrica.

- Actuadores neumáticos e hidráulicos:
  - ✓ Los usos que deben darse a estos actuadores son similares a los actuadores eléctricos con la diferencia de que estos operan en una forma diferente, lo cual se ve reflejado en los costos de operación.
  - ✓ Deben utilizarse donde ofrezcan mayores beneficios que los actuadores eléctricos, como en sitios donde se necesite mayor resistencia por parte de los elementos de control final y donde el mantenimiento no se pueda hacer continuamente.
  - ✓ Debe verificarse continuamente sus condiciones de trabajo, en especial las fuentes como el aire para los actuadores neumáticos o algún líquido especial para los actuadores hidráulicos.

- Válvulas de control:

Deben tenerse válvulas como elementos de control final para regular o limitar la variable controlable.

Para la selección de la válvula deben analizarse las siguientes condiciones:

- El tipo de válvula debe ser compatible con el medio en el cual se va a utilizar.
- Debe acoplarse a las caídas de presión que se presentan en el sistema.
- La rapidez y facilidad para ser operada en momentos críticos.
- Los requerimientos de presión y temperatura en la válvula.
- Compatibilidad del cuerpo y material de la válvula con el fluido del proceso.
- Tipo de conexión realizada entre la válvula y la tubería del proceso.

Entre los diferentes tipos de válvulas deben acondicionarse principalmente las siguientes:

- Válvulas de globo: Se colocarán en sistemas de control automático que es donde ofrecen mayores ventajas como sellos herméticos. Una ventaja de estas válvulas es su fácil manejo para sacarlas de operación cuando se presenten necesidades de mantenimiento. Deben emplearse cuando la presión del fluido es baja y se precisa que las fugas en posición de cierre sean mínimas.
- Válvulas de mariposa: Se colocarán en lugares donde no se disponga con el espacio suficiente para otros tipos de válvulas, a la vez que se emplean para el control de grandes caudales de fluidos a baja presión. En la selección de la válvula deben considerarse las presiones diferenciales correspondientes a las posiciones de completa apertura y de cierre, ya que se necesita una fuerza grande del actuador para accionar la válvula en caso de una caída de presión elevada.
- Válvulas de bola: Se recomienda usar las válvulas de bola para controlar el flujo de lodos y fluidos con gran porcentaje de sólidos en suspensión ya que en posición de apertura total, la válvula equivale aproximadamente en tamaño al 75% del tamaño de la tubería, de manera que no permite que se obstruya el flujo transversal.
  - Sistemas de registro: La información recogida por los instrumentos debe clasificarse dentro de una de las siguientes categorías:
    1. Datos de proceso: Debe mantenerse la operación de la planta dentro de los límites aceptables y alertar al personal de la planta cuando estos parámetros se encuentran fuera de las condiciones límite.
    2. Información técnica: Debe utilizarse para proveer mejoras, tratando de optimizar cada sistema de tratamiento para aumentar el nivel de eficiencia y disminuir costos.

3. Datos históricos: Deben determinar inclinaciones de términos a largo plazo con énfasis en la calidad tanto de la planta como del efluente y optimización de la planta, lo cual incide en planeaciones futuras.

### **3. ANÁLISIS REALIZADOS EN EL LABORATORIO.**

En el laboratorio se llevarán a cabo todos aquellos análisis de agua necesarios para la optimización de los procesos de tratamiento y para la dosificación óptima de los diferentes reactivos aplicados al agua, que no puedan llevarse a cabo en línea mediante los medidores instalados a lo largo del proceso.

Los caracteres analizados serán:

- Diariamente:
  - Sólidos totales.
  - Sólidos en suspensión.
  - DQO.
  - DBO5.
  - pH.
  - Conductividad.
  - Sólidos sedimentables.
  
- Semanalmente:
  - Cloruros.
  - Sulfuros.
  - Sulfatos.

- Nitritos; nitratos; Nitrógeno total.
- Fosfatos; Fósforo total.

#### **4. CONTROL DE LA DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS.**

Tanto el hipoclorito de sodio como la sosa, para el control del pH, se dosifican automáticamente a través de bombas dosificadoras que poseen un regulador de carrera controlado por una señal de 4-20 mA.

La dosificación está controlada por el potencial Redox que se mide en el flujo de recirculación en la torre de hipoclorito y por el pH que se mide al flujo de recirculación de la torre de sosa. Desde estos controladores de pH y Redox se envía una señal a un controlador que actúa sobre la bomba correspondiente. Este sistema también presenta la opción manual.

## **ANEXO III: MANTENIMIENTO EN PLANTA**

## ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN .....	198
2. MANTENIMIENTO GENERAL .....	200
3. MANTENIMIENTO ESPECÍFICO .....	204



## **ANEXO III: MANTENIMIENTO EN PLANTA**

### **1. INTRODUCCIÓN.**

El mantenimiento es uno de los factores indispensables para el buen funcionamiento y desarrollo de cualquier planta de tratamiento de aguas residuales. Si se realiza convenientemente, la planta podrá explotarse al máximo rendimiento con el mínimo tiempo perdido en paradas no programadas. Se puede definir como el conjunto de técnicas y sistemas que actuando sobre los medios de producción permiten:

- Reparar las averías que se presenten.
- Prever estas averías mediante revisiones y otras técnicas más complejas como técnicas estadísticas, y seguimiento y diagnóstico de máquinas.
- Especificar las normas de manipulación y buen funcionamiento de los operadores de las máquinas.
- Perfeccionar diseños sucesivos de los medios.

Existen cuatro tipos básicos de mantenimiento:

- ◆ **Mantenimiento Correctivo:** Se reparan todos aquellos defectos que han ocurrido o que se sabe que han ocurrido.
- ◆ **Mantenimiento Preventivo:** Consiste en la realización de rondas de supervisión o de sustitución en periodos fijos de tiempo.
- ◆ **Mantenimiento Funcional:** Consiste en la búsqueda de fallos no evidentes, fallos que normalmente afectan a los sistemas de protección y consiste en verificar periódicamente que estos funcionan.

- ◆ **Mantenimiento Predictivo:** Consiste en el análisis de parámetros de funcionamiento cuya evolución permite detectar un fallo antes de que éste tenga consecuencias más graves.

En general, el mantenimiento predictivo consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en que periodo de tiempo ese fallo va a tomar una relevancia importante, para así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves.

Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal de la planta mientras se está aplicando. La inspección de los parámetros se puede realizar de forma periódica o de forma continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de planta, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar.

Según diferentes estudios se puede afirmar que las razones principales por las que una planta no funciona adecuadamente son la falta de presupuesto para el mantenimiento y el estado de conservación de los equipos. Mediante un análisis de las causas del mal funcionamiento de diversas plantas existentes se obtienen los siguientes porcentajes:

- Mal funcionamiento por defectos de construcción y proyecto: 31%.
- Mal funcionamiento por anomalías en la red de distribución: 34%.
- Mal funcionamiento por fallos de mantenimiento y explotación: 35%.

Debido a estos datos se deduce que el mantenimiento es un factor decisivo a tener en cuenta para el éxito del proyecto.

La planta se gestionará diariamente bajo la responsabilidad del jefe de planta, que será el encargado de tomar las decisiones relativas al control del proceso y del proceso de mantenimiento.

Los operarios de planta y de mantenimiento empezarán a formarse durante la puesta en servicio, y su formación continuará durante el periodo inicial de operación, durante el cual será fundamental el apoyo técnico prestado por personal especializado.

## **2. MANTENIMIENTO GENERAL.**

En este punto del capítulo se recogen todas aquellas actividades que conducen a preservar y aumentar la vida útil de los equipos de la instalación, y a realizar las reparaciones necesarias.

Las actividades rutinarias de mantenimiento consistirán en:

- **Control de vibraciones y ruidos.**

Debe controlarse toda presencia de vibraciones y ruidos, lo cual determina las condiciones de la maquinaria, estos problemas se presentan debido a:

- Rotores sueltos o cuerpos extraños en motores.
- Ejes desviados en motores.
- Defectos en lubricación de equipos mecánicos.
- Pérdidas de corriente, cortocircuitos o fases invertidas en las conexiones de los equipos.
- Fallos en los anclajes y acoples de los equipos de proceso.

▪ **Conexiones entre equipos.**

Deben corregirse los fallos presentes en conectores, accesorios, válvulas y todo el sistema de tuberías, relacionadas con fisuras, roturas, fugas y deterioros de los mismos; dependiendo de la magnitud de los daños se debe evaluar si es más conveniente cambiar totalmente el sistema en estudio.

▪ **Lubricación y limpieza.**

Dentro de la lubricación y limpieza deberán realizarse los siguientes controles:

1. Revisar, corregir y/o cambiar el nivel de aceite de motores.
2. Limpieza y lubricación de mecanismos de dosificación.
3. Cambio de grasa de rodamiento de motores.
4. Aplicación de grasa en todos los puntos de engrase necesarios.
5. Lavado y limpieza de cuchara bivalva, rejas y tamices, sistema extracción localizada y tanques de almacenamiento como mínimo 2 veces al año o las veces que sea necesario con agua potable.

▪ **Control y sobrecalentamiento de partes eléctricas.**

El sistema eléctrico y el tablero de controles deben estar bien protegidos, limpios y secos. Es indispensable medir y controlar fallos por altas temperaturas de los sistemas eléctricos, lo cual induce a trabajar forzosamente los equipos. El control se debe hacer sobre:

- Voltajes requeridos para la operación.
- Amperajes normales de funcionamiento.
- Desajustes por alineamientos defectuosos.
- Cortocircuitos.
- Lubricación y funcionamiento de rodamientos.

Es necesario tener en cuenta que la temperatura es la que determina la seguridad en el aislamiento.

▪ **Revisión de motores.**

Debe verificarse el correcto estado y funcionamiento de cada una de las partes de los motores, tales como:

1. Carcasa que permite proteger al extractor y demás partes internas del motor.
2. Estator que cumple las funciones de imán fijo para la inducción de la corriente.
3. Rotor que es el cuerpo móvil acoplado al eje y cumple las funciones de imán móvil en la inducción de la corriente.
4. Eje que es la parte móvil que transmite la energía a la bomba y soporta el peso del rotor y demás partes que apoyan en él.
5. Rodamientos que sirven para mantener el eje y el rotor en el perfecto alineamiento con las partes fijas durante la operación.
6. Ventilador que impulsa el aire para refrigerar el motor.
7. Soportes donde se fija el motor a la estructura de la base.
8. Niveles de aceite y combustible que favorecen el correcto
9. Funcionamiento del motor.

▪ **Control de fugas.**

Debe realizarse continuamente una inspección visual y/o por medio de equipos técnicos de todo el sistema de operación, tanto en tuberías, accesorios, válvulas y conexiones, como en los equipos de proceso, motores, bombas y compresores.

Es necesario hacer un control detallado de los equipos de dosificación de sustancias químicas, junto con sus adecuadas concentraciones, para evitar escapes

que puedan afectar la salud de los operarios y el buen funcionamiento de los procesos, lo cual influirá en los costos de producción de la planta de tratamiento.

▪ **Aplicación de pintura en estructuras.**

Todo sistema, estructura, equipo y complementos debe llevar un recubrimiento de pintura anticorrosiva o impermeabilizante según el tipo de estructura, equipo o complemento, para protección del deterioro que producen los efectos del medio ambiente y a la vez preservar su vida útil, se exige:

1. Escoger el tipo de pintura apropiada para la estructura: muros, piedras, maderas, metales, asbesto-cemento, plásticos, pavimentos y maquinaria.
2. Considerar el uso de la estructura pintada y el ambiente al que esta expuesto: interiores, exteriores, exposición al aire, agua o bajo tierra, sometimiento al frío, calor, abrasión, golpes, dilataciones y al ataque de productos químicos diversos.
3. Evitar que pinturas o disolventes caigan a drenajes, tuberías o sistemas de la planta, con el fin de no afectar el proceso de tratamiento de aguas, las estructuras de trabajo y la calidad del agua tratada.

▪ **Revisión de instrumentos y controladores.**

Debe prestarse especial atención a los medidores y/o controladores de dosificación, nivel, flujo, presión, temperatura, analizadores y elementos de control final, ya que son aparatos muy sensibles y tienden a descalibrarse fácilmente.

Se exige realizar una calibración semanal con respecto a un elemento patrón por medio del cual se puedan hacer medidas para conocer la exactitud de la calibración. Dado el caso que los datos obtenidos no logren ser veraces, debe realizarse una evaluación para examinar el fallo, si es necesario, se reemplazará el aparato.

▪ **Pruebas de aislamiento.**

Debe realizarse un control sobre las conexiones de equipos eléctricos, tales como motores, compresores y medidores, revisando que se encuentren en perfecto estado para evitar corto circuitos.

Debe revisarse que todos los equipos, elementos y aparatos metálicos y eléctricos se encuentren conectados al polo a tierra para protección y descargas eléctricas de los mismos.

**3. MANTENIMIENTO ESPECÍFICO.**

▪ **Cuchara bivalva**

- Inspección, reacondicionamiento y limpieza de la cuchara.
- Comprobar temperatura del aceite hidráulico del depósito.
- Lubricación periódica de diversos puntos:
  - Bulón cabeza del cilindro con grasa cada 24 horas de funcionamiento.
  - Bulón arrastrador del cilindro con grasa cada 24 horas de funcionamiento.
  - Bulón giro de valva con grasa cada 24 horas de funcionamiento.
  - Depósito de aceite con aceite hidráulico cada 2.000 horas de funcionamiento.
- Recolección de datos para llevar una hoja de vida del equipo.

▪ **Tornillos de Arquímedes**

- Los cojinetes de rodillos han de ser engrasados mensualmente utilizando una pistola de engrase a alta presión.
- Limpiar, comprobar o, si es necesario, sustituir los cojinetes de rodillos y los retenes tras 15.000-20.000 horas o 5 años de funcionamiento.

▪ **Rejas y tamices**

- Inspección, reacondicionamiento y limpieza de las rejas y tamices.
- Verificar el aspecto y el nivel del aceite.
- Anotar la temperatura del aceite.
- Limpiar los filtros de aire, aceite y, si es necesario, el tanque, tuberías, bombas y válvulas.
- Lubricación de cadenas, correas, ruedas y poleas.
- Reemplazar empaquetaduras y piezas dañadas o desgastadas.
- Inspección de racores y sujetadores de tubería.
- Revisión anual de:
  - Cadenas y rodillos
  - Rodamientos de bolas.
  - Superficie de deslizamiento de los tensores de cadena.
  - Bloques espaciadores entre las láminas (sólo Rotoscreen).
  - Los conjuntos de láminas (Rotoscreen).
  - La transmisión del motorreductor y su acoplamiento flexible.
- Anotar todo principio de fuga.
- Recolección de datos para llevar una hoja de vida del equipo.

▪ **Prensa**

- Control del indicador de nivel del aceite.
- Verificar inexistencia de atascamientos en el tubo de presión.
- Lubricación de rodamientos mensualmente.
- Cambio del aceite hidráulico varias veces al año.
- Recolección de datos para llevar una hoja de vida del equipo.



▪ **Depósitos**

Para el mantenimiento de los depósitos se requieren las siguientes actividades:

- Inspección radiográfica de las soldaduras en los depósitos de acero.
- Retirada de los productos precipitados en el interior.
- Revisión de las conexiones con las tuberías.
- Comprobación de la estanqueidad del recipiente.
- Revisión del aspecto superficial.

Es necesario ejercer una atención especial sobre los controladores de nivel, debiéndose comprobar su posición, y eliminando todos los elementos adheridos o enrollados en cables u otros componentes de los mismos.

▪ **Bombas.**

De manera más genérica podemos decir que las bombas que usaremos en nuestro caso (portátiles) basta con que sean inspeccionadas cada año en un taller de servicio autorizado.

El mantenimiento rutinario de los equipos de bombeo incluye las siguientes actividades:

- Comprobación de que los elementos de giro se desplazan libremente y sin ruidos anormales.
- Comprobación del eje de impulsión.
- Comprobación del estado de los cojinetes de acoplamiento y reemplazamiento en caso de desgaste. Engrase de los mismos.
- Ajuste y empaquetado las prensa-estopas en caso de detectar fugas.
- Comprobación del panel del cuadro eléctrico.

- Anotación de los problemas y de las observaciones realizadas: horas de funcionamiento, medidas de la intensidad eléctrica, medidas de los indicadores de presión, etc.
- Comprobación de la temperatura y de las vibraciones de los motores.
- Comprobación del ajuste de la bomba y el motor, y de la estanqueidad.
- Engrase los rodamientos.
- Comprobación de los niveles de aceite. Si se han reemplazado juntas, se recomienda hacer una inspección del aceite al cabo de una semana de funcionamiento.

▪ **DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS.**

En la bodega de almacenamiento debe tenerse suficiente cantidad de insumos para atender situaciones de emergencia, se exige:

1. Tener un inventario detallado de la existencia de equipos, dispositivos de control y medición, herramientas y todos los elementos que se encuentren en la bodega.
2. Una adecuada señalización para la ubicación de cualquier elemento requerido, agilizando así las actividades a realizar.
3. La responsabilidad del personal que se encuentre a cargo.
4. Llevar una ficha de control de entradas y salidas de elementos utilizados en las actividades diarias.
5. Hacer la solicitud a tiempo de los elementos que se requieran con frecuencia.

▪ **CONTRATACIÓN EXTERNA DE SERVICIOS.**

Por la carencia de personal especializado o cuando la complejidad de trabajo lo requiera, el departamento de mantenimiento puede contratar servicios con

entidades externas a él, lo cual contribuye a disminuir costos. Se recomienda efectuar por esta vía los siguientes trabajos:

- Rebobinado de motores eléctricos.
- Reparaciones complejas de motores a diesel o gasolina.
- Reparación y calibración de equipos de control.
- Reparación de tanques y otras estructuras de la planta.
- Algunos trabajos de mantenimiento preventivo que las políticas de la planta permitan.

Para la contratación exterior de servicios, deben estudiarse los siguientes aspectos:

- Certificar la capacidad del contratista.
- Especificar detalladamente el motivo del contrato.
- Acordar el tiempo de entrega.
- Fijar el costo y la forma de pago.
- Indicar el sitio de trabajo y de la entrega.
- Concertar pruebas de funcionamiento.
- Solicitar garantía de funcionamiento por un tiempo prudencial.

#### ▪ **GASTOS RELACIONADOS CON EL MANTENIMIENTO.**

Está contrastado que es más rentable realizar un mantenimiento de calidad que hacer reparaciones constantemente. Los ahorros que amortizan las nuevas instalaciones se obtienen durante el funcionamiento de las mismas y no comprando la instalación más barata. En términos económicos se puede afirmar que la rentabilidad de la inversión está más relacionada con los ahorros logrados durante su funcionamiento que con la reducción de la inversión inicial.

Los gastos asociados al mantenimiento de las plantas industriales se dividen en dos tipos, directos e indirectos.

▪ **Costes directos.**

Son los costes propiamente generados por el mantenimiento, es decir, aquellos generados por los materiales de repuesto, mano de obra, formación, energía, herramientas, consumibles y subcontrataciones.

▪ **Costes indirectos.**

Son aquellos costes relacionados con el mantenimiento, o con la ausencia de mantenimiento. Son de mayor cuantía que los directos, y muchas veces o no son considerados, o no en su justa medida. Los costes indirectos se pueden dividir a su vez en:

◆ **Costes inducidos.**

- Pérdidas de producción por pérdidas de material en curso, por recortes, por disminución de la velocidad del proceso o ciclos de máquina.
- Sobrecoste energético debidos a nuevos arranques y pérdida de eficiencia de la instalación.
- Deterioro de la calidad del producto.
- Pérdidas de seguridad y accidentes.
- Daños medioambientales.
- Deterioro de la instalación por daños causados por una avería.
- Envejecimiento prematuro de la instalación como consecuencia de un funcionamiento no adecuado.
- Gastos financieros, debidos a los retrasos en las entregas.

◆ **Costes de oportunidad.**

- Lucro cesante, definido como el coste provocado por los beneficios no obtenidos, consecuencia de una menor producción, y por lo tanto de una menor venta. Éste es un coste especialmente importante para aquellas empresas de proceso continuo que trabajan al límite de su capacidad.
- Pérdida de imagen, debida a pérdidas de calidad y retraso en las entregas comprometidas.

## **ANEXO IV: SEGURIDAD EN PLANTA**

## ÍNDICE:

<b>1. ASPECTOS HIGIÉNICO-SANITARIOS .....</b>	<b>213</b>
<b>2. MEDIDAS DE SEGURIDAD .....</b>	<b>214</b>
<b>3. SISTEMA GENERAL CONTRA INCENDIOS .....</b>	<b>214</b>
<b>4. RIESGO ELÉCTRICO .....</b>	<b>218</b>
<b>5. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES .....</b>	<b>220</b>
<b>6. MANEJO DE REACTIVOS .....</b>	<b>221</b>
6.1. HIPOCLORITO DE SODIO .....	221
6.2. HIDRÓXIDO DE SODIO .....	223

## **ANEXO IV: SEGURIDAD EN PLANTA.**

### **1. ASPECTOS HIGIÉNICO-SANITARIOS.**

Independientemente de los elementos integrantes de la contaminación y sus efectos, las enfermedades pueden transmitirse:

- Por contacto directo.
- Por medio de insectos y animales (mosquitos, ratas, etc...).
- Por medio de la vestimenta o utensilios empleados.

Debe recordarse aquí que una depuradora puede eliminar hasta el 90% de los gérmenes patógenos, pero cifras de  $600 \times 10^4$  en 100 ml son aún tremendamente importantes. Dentro de las depuradoras la vía de contaminación directa más frecuente es a través de los aerosoles.

La precaución para evitar enfermedades en el personal que trabaja en las depuradoras pasa por una correcta higiene personal.

Puntos importantes a considerar son:

- Adecuación de vestuarios, comedores e instalaciones de higiene.
- Llevar vestuario adecuado de protección. Lavar con frecuencia en planta, si es posible, a más de 90 °C.
- Llevar guantes impermeables al establecer contacto con agua, lodos, o residuos de la depuradora.
- Ducharse, lavarse y desinfectarse al terminar el trabajo, antes de vestirse o antes de comer.
- Comer en sala independiente de las zonas de trabajo.



- Evitar la aparición de ratas, moscas y mosquitos. Si aparecen eliminarlos con la mayor rapidez posible.
- Prestar atención urgente a las pequeñas heridas, utilizar desinfectantes como tintura de iodo, después de un lavado enérgico con jabón.
- Vacunarse cada cinco años contra el tétanos. Vacunarse contra las tifoideas con la frecuencia recomendada por el médico. Vacunar al trabajador y su familia contra la poliomeilitis. Se recomienda también la vacuna contra la hepatitis.
- Consultar al médico una vez por año, pasando una revisión adecuada.

## **2. MEDIDAS DE SEGURIDAD.**

Deben adoptarse las medidas indicadas en el estudio de Seguridad e Higiene de la planta, para evitar accidentes.

Debe prestarse atención especial a:

- Caminos a recorrer: escaleras, escalas, rampas, etc...
- Vestimenta y calzado adecuado.
- Estanqueidad de conducciones de gas.
- Salvavidas de seguridad en zonas de grandes depósitos, y accesos fáciles de salida.
- Barandillas y petos de protección.
- Equipamiento para primeros auxilios.

## **3. SISTEMA GENERAL CONTRA INCENDIOS.**

En este punto se describe el sistema general contra incendios de la planta. Cualquier equipo instalado para la lucha contra incendios cumplirá con el

“Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios”, incluido en el R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre de 1993.

➤ **Sistemas de detección y alarma.**

La instalación de estos equipos se realizará por instaladores debidamente autorizados.

- Sistemas automáticos de detección de incendios.

Los sistemas automáticos de detección, sus características y especificaciones se ajustarán a la norma UNE 23007. Se someterán a las revisiones de conservación que se establecen en el Apéndice II del R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre de 1993, donde se determina el tiempo máximo que debe transcurrir entre dos revisiones o inspecciones consecutivas.

- Sistemas manuales de alarmas de incendios.

Los sistemas manuales de alarmas de incendios, sus características y especificaciones se ajustarán a la norma UNE 2007.

Estarán constituidos por un conjunto de pulsadores que permitirán provocar voluntariamente y transmitir una señal a una central de control y señalización permanentemente vigilada. Los pulsadores de alarma se situarán de modo que la distancia máxima a recorrer, desde cualquier punto hasta alcanzar el pulsador, no supere los 25 metros y, además, deben estar preferentemente cercanos a una salida, o en dirección a la misma. Debido a ello se instalarán 8 pulsadores de alarma. Se someterán a las revisiones de conservación que se establecen en el Apéndice II del R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre de 1993, donde se determina el tiempo máximo que debe transcurrir entre dos revisiones o inspecciones consecutivas.

➤ **Extintores de incendios.**

Los extintores de incendio, sus características y sus especificaciones se ajustarán al “Reglamento de Aparatos a Presión” y a su Instrucción Técnica Complementaria MIE-P5.

El emplazamiento de los extintores permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a las salidas de evacuación y preferentemente sobre soportes fijados a paramentos verticales, de modo que la parte superior del extintor quede, como máximo, a 1,70 m sobre el suelo. Se ubicará un extintor de polvo químico en cada lugar donde se instale un pulsador de alarma. En el edificio de reactivos se instalará uno en cada planta.

Todos los extintores se someterán a las revisiones de conservación que se establecen en el Apéndice II del R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre de 1993, donde se determina el tiempo máximo que debe transcurrir entre dos revisiones o inspecciones consecutivas.

➤ **Bocas de Incendio Equipadas (BIE).**

La instalación de estos equipos se realizará por instaladores debidamente autorizados.

Las BIE deberán montarse sobre un soporte rígido, de forma que la altura de su centro quede como máximo a 1,50 metros sobre el nivel del suelo. Las BIE se situarán, siempre que sea posible, a una distancia máxima de 5 metros de las salidas de cada sector de incendio, sin que constituyan obstáculo para su utilización. La separación máxima entre cada BIE y su más cercana será de 50 metros. La distancia desde cualquier punto del local protegido hasta la BIE más próxima no deberá exceder de 25 metros. Se instalarán ocho BIE en toda la planta. Se deberá

mantener alrededor de cada BIE una zona libre de obstáculos que permita el acceso a ella y su maniobra sin dificultad.

Se propone una instalación en anillo con tomas de agua de gran caudal. El anillo estará conectado a la red de agua municipal. Se empleará como apoyo (en caso de que se cortase el suministro o el caudal demandado no pudiera ser cubierto) el tanque de agua regenerada.

Antes de su puesta en servicio, se someterán a pruebas de estanqueidad y resistencia mecánica, cumpliendo con lo establecido en el Apéndice I del R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre de 1993. Todas las BIE se someterán a las revisiones de conservación que se establecen en el Apéndice II del R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre de 1993, donde se determina el tiempo máximo que debe transcurrir entre dos revisiones o inspecciones consecutivas.

➤ **Plan de emergencia contra incendios.**

Además de los citados equipos contra incendios, es necesaria la existencia de un documento que detalle y planifique su uso, para de este modo asegurar la correcta actuación y el debido funcionamiento de los mismos en caso de incendio.

Este documento deberá ponerse en conocimiento de todo el personal que pueda verse involucrado, y será elaborado según lo establecido por el “Manual de autoprotección para el desarrollo del Plan de Emergencia contra incendios y Evacuación en locales y edificios” (BOE de 26 de febrero de 1985). Deberá contemplar la evaluación del riesgo en la planta, los medios de protección existentes, el plan de emergencia a poner en práctica en cada caso y lo referente a la implantación.

#### **4. RIESGO ELÉCTRICO.**

La electricidad es potencialmente una fuente de riesgo, pero afortunadamente el número de accidentes eléctricos en la industria es bajo en comparación con otros accidentes. Esta situación puede deberse al resultado de un alto nivel de diseño y construcción de las instalaciones y aparatos eléctricos y de un mantenimiento eficaz. Se ha observado que cuando el equipo es de calidad pobre o cuando el mantenimiento se realiza por trabajadores no experimentados o negligentes, la probabilidad de un accidente eléctrico es más pronunciada.

La estadística demuestra, que aunque los accidentes eléctricos por lo general suponen una pequeña proporción de todos, en cualquier campo particular (ya sea en el hogar o en la industria), el porcentaje de accidentes eléctricos que resultan mortales es, a menudo, bastante alto.

Hay que pensar que la electricidad no es habitualmente perceptible por ninguno de nuestros sentidos, no tiene olor, no se detecta por vista, no es sensible al gusto, ni generalmente al oído, ni tampoco al tacto, a no ser que el operador ofrezca un segundo punto de contacto de potencial diferente permitiendo así a la corriente atravesar su cuerpo.

Existen dos tipos de contactos con la electricidad:

- ✓ **Contactos directos:** En los que el operario entra en contacto físico con elementos (cable, enchufes,...) por donde pasa corriente.

La prevención de estos contactos puede hacerse con medidas como:

- ◆ Aislamiento de las partes activas.
- ◆ Alejamiento de las partes activas de la instalación.

- ◆ Interposición de obstáculos que impidan el acercamiento del operario al foco de peligro.
  
- ✓ **Contactos indirectos:** En los que el operario entra en contacto con elementos conductores puestos ocasional o accidentalmente en tensión eléctrica.

Para la protección contra los contactos indirectos:

- ◆ Disposición que impida el paso de corriente por el cuerpo humano.
- ◆ Limitación de la intensidad que pudiera circular a un valor no peligroso.
- ◆ Corte automático de la corriente cuando exista un defecto de aislamiento del circuito.

Para conseguir estos objetivos, se seguirán medidas como:

- Separación de circuitos.
- Empleo de tensiones de seguridad: 50 v(locales secos); 24 v (locales húmedos o mojados); 12 v (condiciones de inmersión).
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección (doble aislamiento).
- Inaccesibilidad simultánea de elementos conductores y masas.
- Conexiones equipotenciales.
- Dispositivos de corte por tensión de defecto.
- Puesta a tierra de las masas, asociadas a dispositivos de corte por intensidad de defecto (diferenciales).

## **5. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.**

El diseño de la planta debe tener en cuenta la normativa de obligado cumplimiento (Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y sus Reglamentos) y las recomendaciones del INSHT. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo).

Se han seguido para la realización del proyecto los principios de acción preventiva que se describen en el artículo 15 de la ley de Prevención de Riesgos Laborales.

De acuerdo con los principios básicos de prevención de riesgos laborales, en la fase de proyecto de una instalación es donde mayor efectividad y menor coste tienen las medidas destinadas a evitar que el trabajo tenga consecuencias negativas sobre los trabajadores. Las medidas que se proponen antes del proceso de construcción son por ello muy importantes.

Los riesgos relacionados con la manipulación y almacenamiento de reactivos han sido descritos en los puntos anteriores de este capítulo. A continuación se enumeran las medidas de seguridad adoptadas en los equipos que suponen algún tipo de riesgo para los trabajadores:

- ◆ **Ruido.** El nivel de ruido será un factor a tener en cuenta durante la elección de las máquinas. Los focos de ruido se reducirán en la medida de lo posible.
- ◆ **Quemaduras.** Todo equipo o tubería que esté a una temperatura que pueda provocar quemaduras por contacto deberá estar aislado convenientemente, o no será posible su acceso.

- ◆ **Riesgo eléctrico.** Todos los sistemas eléctricos contarán con protecciones frente a contactos directos (mediante aislamientos) o indirectos (mediante toma de tierra y corte por intensidad de defecto).
  
- ◆ **Agresiones físicas.** Tales como cortes, atrapamientos y aplastamientos. Todas las partes en movimiento de los equipos estarán dotadas de dispositivos de protección de seguridad que impidan el acceso a partes peligrosas de las máquinas.
  
- ◆ **Riesgo de caídas.** Para evitar este tipo de accidente, se han dispuesto en las distintas unidades barandillas y suelos de rejilla. También se recomienda al personal de la planta el uso de calzado antideslizante.
  
- ◆ **Riesgo de infección.** Se recomienda la vacunación de todos los operarios así como una extremada higiene personal.

## **6. MANEJO DE REACTIVOS.**

### **6.1. Hipoclorito de sodio.**

- **Manipulación del hipoclorito de sodio.**
  - El hipoclorito de sodio es un producto corrosivo.
  - Puede ser nocivo por inhalación, provocando irritación de las mucosas, tos y dificultades para respirar. Tras el contacto con la piel provoca quemaduras, pudiendo producir ceguera al contacto con los ojos. Después de la ingestión causa quemaduras en la boca, faringe, esófago y tubo gastrointestinal. Existe riesgo de perforación intestinal y esófago. Por todo ello, debe evitarse el contacto con el producto.



- A temperatura ambiente es un producto estable, pero a temperaturas elevadas se produce su descomposición.
  - Desde el punto de vista de riesgo de incendios es un producto peligroso, ya que puede formar fuego en contacto con materias combustibles. También está la posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno. En caso de incendio pueden producirse: cloro, cloruro de hidrógeno.
  - Desde el punto de vista medioambiental, evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos. Resulta muy tóxico para los organismos acuáticos.
  - Para su manipulación se recomienda la utilización de protección respiratoria, guantes de caucho de nitrilo, gafas de seguridad con protección lateral. Sustituir inmediatamente la ropa contaminada y lavar manos y cara al finalizar el trabajo.
  - Su almacenaje debe realizarse de manera que quede bien cerrado, seco y separado de sustancias favorecedoras de ignición. Alejado de fuentes de ignición y calor.
  - En contacto con ácidos libera gases tóxicos. También entre las sustancias a evitar están los compuestos orgánicos, agua, reductores, alcoholes, metales alcalinos, aminas, fenol, mercaptanos, azufre.
- **Actuación en caso de derrame de hipoclorito de sodio.**
- Medidas de precaución relativas a las personas: evitar la formación de polvo y si se produce, no inhalar el polvo. Evitar el contacto con la sustancia. Proceder a la ventilación en lugares cerrados.
  - Medidas de protección del medio ambiente: no lanzar por el sumidero.
  - Procedimientos de recogida/limpieza: recoger en seco y proceder a la eliminación de residuos. Aclarar y evitar la formación de polvo.

- **Primeros auxilios y actuación en caso de accidente con hipoclorito de sodio.**
  - Tras inhalación: el accidentado debe recibir aire fresco. Avisar al médico.
  - Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Extraer la sustancia por medio de algodón impregnado con polietilenglicol 400. Despojarse inmediatamente de la ropa contaminada.
  - Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos (al menos durante 10 minutos). Avisar inmediatamente al oftalmólogo.
  - Tras ingestión: beber abundante agua (hasta varios litros), evitar vómitos (riesgo de perforación). Avisar inmediatamente al médico. No efectuar medidas de neutralización.

## **6.2. Hidróxido de sodio (sosa).**

- **Manipulación de la sosa.**
  - La sosa es un producto corrosivo.
  - Puede ser nocivo por inhalación, provocando quemaduras en las mucosas. Tras el contacto con la piel provoca quemaduras, necrosis. Igual ocurre al ponerse en contacto con los ojos, pudiendo producir ceguera. Después de la ingestión causa quemaduras en la boca, faringe, esófago y tubo gastrointestinal. Existe riesgo de perforación intestinal y esófago. Por último, como efectos sistémicos se encuentran el colapso y la muerte.
  - Es incombustible, por lo que puede considerarse que no es un producto peligroso desde el punto de vista de incendios, aunque existe la posibilidad de la formación de vapores peligrosos por la presencia de un incendio en el entorno.

- Desde el punto de vista medioambiental, evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos. Resulta muy tóxico para los organismos acuáticos. Presenta un efecto perjudicial por desviación del pH.
  - Se requiere la utilización de protección respiratoria necesaria en presencia de vapores y aerosoles, guantes de caucho de nitrilo y gafas de seguridad.
  - Almacenaje de forma que el producto quede bien cerrado. Sin embargo éste no debe almacenarse en recipientes de aluminio, estaño o cinc.
  - Entre las materias a evitar: metales, metales ligeros (pueden producir hidrógeno, con el riesgo de explosión que ello conlleva); compuestos de amonio (puede formarse amoniaco); ácidos.
- **Actuación en caso de derrame de la sosa.**
- Medidas de precaución relativas a las personas: no inhalar los vapores/aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Proceder a la ventilación en lugares cerrados.
  - Medidas de protección del medio ambiente: no lanzar por el sumidero.
  - Procedimientos de recogida/limpieza: recoger con material absorbente neutralizante. Proceder a la eliminación de residuos. Aclarar.
- **Primeros auxilios y actuación en caso de accidente con la sosa.**
- Tras inhalación: el accidentado tome aire fresco. Avisar al médico.
  - Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Extraer la sustancia por medio de algodón impregnado con polietilenglicol 400. Despojarse inmediatamente de la ropa contaminada.
  - Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos (al menos durante 10 minutos). Avisar inmediatamente al oftalmólogo.

- Tras ingestión: beber abundante agua (hasta varios litros), evitar vómitos (riesgo de perforación). Avisar inmediatamente al médico. No efectuar medidas de neutralización.

## **ANEXO V: INFORME AMBIENTAL**

## **ÍNDICE:**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>227</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO .....</b>	<b>227</b>
<b>3. ESTUDIO ANALÍTICO Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....</b>	<b>230</b>
<b>4. DOCUMENTO DE SÍNTESIS .....</b>	<b>254</b>

## **ANEXO V: INFORME AMBIENTAL**

### **1. INTRODUCCIÓN.**

El presente estudio analiza los posibles impactos ambientales de la instalación en la EDAR Guadalete de Jerez de la Frontera de un sistema de modificaciones en el Pretratamiento basadas en unas series de actuaciones.

Para este tipo de instalaciones debe realizarse un Informe Ambiental según regula el Decreto 153/96, por el que se aprueba el Reglamento de Informe Ambiental. Debido a que el proyecto a realizar se trata de diversas modificaciones y no de una instalación independiente, sólo se llevará a cabo un análisis de los posibles impactos ambientales provocados por la aplicación de dichas modificaciones.

### **2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO.**

- **Situación Geográfica.**

El sistema diseñado se instala en una parcela situada en la propia EDAR Guadalete. Se encuentra entre las poblaciones de Jerez y El Portal, accediéndose a ella por la carretera comarcal CA-201. Exactamente, se encuentra a unos 5 km del casco urbano de Jerez, junto a la orilla Norte del río Guadalete.

- **Descripción del Medio.**

En las terrazas del Guadalete, dentro del término municipal de Jerez, se pueden distinguir tres niveles de depósitos de materiales por encima del cauce actual. El nivel más alto, donde se encuentra la EDAR Guadalete, que se detecta

siguiendo el cauce del río hasta El Portal, está constituido por cantos rodados cementados.

El Guadalete es río de tipo fluvial subtropical, caracterizado por sus elevados coeficientes de diciembre y febrero y su extremado estiaje de verano con estrechamientos de la región de desembocadura. En su recorrido caben distinguir tres tramos. En el segundo tramo, que discurre durante 100 Km desde Puerto Serrano hasta las marismas de El Puerto de Santa María, es donde se encuentra ubicada la EDAR Guadalete de Jerez.

A su paso por Jerez, el Guadalete y sus afluentes dan lugar a una amplia zona de "Riegos de Interés Nacional".

El clima de Jerez y de la baja Andalucía en general viene caracterizado por dos estaciones bien marcadas, invierno y verano, separadas por dos de transición, primavera y otoño. Una prolongada sequía estival constituye el rasgo climático más característico, extendiéndose el período de lluvias de octubre a abril, hecho indicativo de una importante influencia atlántica a pesar de sus innegables connotaciones mediterráneas.

Sin embargo, la común caracterización del clima a nivel regional viene matizada especialmente en el término de Jerez por factores estáticos de tipo geográfico como la latitud, la configuración orográfica, la apertura atlántica y la proximidad a África, junto a la especial configuración de la fachada occidental europea. Situado entre los 36 y 37 grados de latitud Norte Jerez se ubica en la zona de alternancia entre las altas presiones subtropicales y las bajas subpolares. De esta manera sus tierras participan de las propiedades térmicas de las masas de aire tropical marítima y continental, polar marítima y mediterránea.

Las formaciones vegetales del cauce del río Guadalete se integra en el orden *Populetalia albae*, el cuál corresponde a todos los bosques de carácter hidrófilo de



las regiones mediterráneas. Estas formaciones vegetales van acompañadas por un matorral y herbazal muy conspicuo, rico en hemicriptófitos y geófitos.

En la fauna de los bosques ribereños habrá que diferenciar las especies que los habitan permanentemente de aquellas que esporádicamente bajan a los arroyos o ríos a beber o a cazar. Entre los esporádicos cazadores se cuenta el milano negro que junto con el aguilucho pálido y el aguilucho cenizo son más frecuentes en los campos de cultivo.

Anguila, salamandra, sapo común y rana común entre otros, ocupan el escalón de los predadores secundarios en la cadena trófica ripícola.

La comunidad cuantitativamente más importantes de los sotos ribereños la constituyen las aves insectívoras y granívoras que deambulan por los campos cultivados y utilizan aquellos para anidar.

Entre las especies acuáticas existentes en el río Guadalete, las más comunes son el barbo ( *Barbus barbus* ), la boga (*Chondrostoma polylepis*), el carchuelo (*Leuciscus cephalus*), la colmilleja (*Cobitis maroccana*), el jarabugo (*Rutilus alburnoides*), la lisa (*Chelons labrons*), el pejerrey (*Atherina mochon*) y la perca americana (*Micropterus samoides*).

▪ **Descripción de la Actividad.**

Con el incremento del nivel de vida, los hábitos de la sociedad, el crecimiento de la población... los residuos generados varían con respecto a los estimados para la implantación inicial de la EDAR.

Las modificaciones proyectadas están encaminadas a mejorar el proceso de Pretratamiento previo que se realiza en toda Estación de Aguas Residuales. Todo

ello debido a las variaciones antes mencionadas y al desgaste sufrido por los equipos en el transcurso de los años.

Gracias a ellas se conseguirá una potenciación en el funcionamiento de los procesos posteriores, que sin las modificaciones a implantar, podrían ver alteradas sus actuaciones por residuos no eliminados en el Pretratamiento y, por todo ésto, perjudicaría al proceso global de la depuración.

### **3. ESTUDIO ANALÍTICO Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.**

- **Metodología.**

La metodología a seguir se basará en la caracterización de los impactos, mediante la determinación previa de una serie de parámetros e indicadores de carácter cuantitativo y cualitativo.

Finalmente se establecerá una valoración o juicio de los impactos en función de los resultados obtenidos en la aplicación del método.

Conviene advertir, que se puede utilizar cualquier otro método existente para realizar dicha valoración, siempre y cuando cumpla con los requisitos que el Reglamento le exige al Informe Ambiental.

- **Definiciones conceptuales.**

En función de su naturaleza y el nivel de información conocida, los impactos se van a poder clasificar en tres clases o rangos:

- Cualitativos. Son los intangibles o difícilmente cuantificables, para los que no se dispone de indicadores representativos.

- Despreciables. Son aquellos en los que el factor afectado sufre una alteración mínima o nula.
- Cuantitativos. Son los cuantificables no incluidos en los apartados anteriores.

Para la caracterización de los efectos producidos sobre los factores ambientales, se utilizarán la serie de atributos que a continuación se detallan.

1. Naturaleza. Puede ser positiva o negativa y se refiere a la consideración del beneficio o perjuicio que merece el efecto a la comunidad técnico-científica y a la población en general.
2. Inmediatez. El efecto es directo o primario cuando tiene una repercusión inmediata sobre algún factor y es indirecto o secundario cuando se deriva de un efecto primario.
3. Acumulación. Es el que incrementa progresivamente su gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera.
4. Sinergia. El efecto es sinérgico cuando la acción combinada con otros efectos produce una alteración mayor que la suma de ellos.
5. Momento. Los efectos se manifiestan durante un ciclo determinado y se definen como a corto, medio y largo plazo, si su presencia, es en un ciclo mensual, anual o mayor.
6. Reversibilidad. El efecto es reversible cuando puede ser asimilado por procesos naturales o artificiales, e irreversible cuando no puede serlo o necesita para lograrlo, un largo período de tiempo.
7. Periodicidad. Un efecto periódico es el que se manifiesta de una forma, pudiendo presentar alta o baja frecuencia. Un efecto de aparición

irregular es el que lo hace de forma impredecible con el tiempo, es decir, presenta una frecuencia tendente a cero. Este carácter debe predecirse en términos de probabilidad.

8. Relatividad. Los valores de relatividad se obtienen como resultado de la comparación de diversos parámetros: unos estimativos de la magnitud física del impacto y otros de las dimensiones y carácter del medio receptor.

Tabla 1. Indicadores y atributos

NATURALEZA	BENEFICIOSO PERJUDICIAL	POSITIVO NEGATIVO
INMEDIATEZ	DIRECTO	2
	INDIRECTO	1
ACUMULACIÓN	ACUMULATIVO	2
	SIMPLE	1
SINERGIA	SI	2
	NO	1
MOMENTO	LARGO	3
	MEDIO	2
	CORTO	1
REVERSIBILIDAD	NO	2
	SI	1
PERIODICIDAD	PERIÓDICO ALTA FRECUENCIA	3
	PERIÓDICO BAJA FRECUENCIA	2
	FRECUENCIA IRREGULAR	1
RELATIVIDAD	CONSIDERABLE	3
	PERCEPTIBE	2
	INAPRECIABLE	1

▪ **Valoración de los factores ambientales.**

Importancia de los impactos:

La importancia de los impactos se calcula a través de un algoritmo en el que intervienen como variables cada uno de los atributos reflejados en la tabla precedente.

$$\text{Imp.} = (I+A+2S+M+RV+P+R)$$

De donde:

- (N) = Naturaleza.
- (I) = Inmediatez.
- (A) = Acumulación.
- (S) = Sinergia.
- (M) = Momento.
- (RV) = Reversibilidad.
- (P) = Periodicidad.
- (R) = Relatividad.

Cuya normalización se obtiene a través de:

$$\text{Imp}_x = (I_x - I_{\min}) / (I_{\max} - I_{\min})$$

Para enjuiciar a los impactos ambientales clasificaremos a los mismos en los siguientes niveles o rangos de valor:

Tabla 2. Ponderación de factores ambientales

MEDIO INERTE	45%	Aire	10%	Calidad del aire	10%
		Tierra/Suelo	30%	Calidad del suelo	30%
		Agua	5%	Calidad agua sub.	5%
MEDIO BIÓTICO	5%	Flora/Fauna	5%	Flora y fauna	5%
MEDIO PERCEPTUAL	15%	Cualidades del paisaje	15%	Incidencia visual	10%
				Calidad paisajística	5%
MEDIO SOCIO ECONÓMICO	35%	Actividades socioeconómicas	25%	Sectores afectados	20%
				Empleo	5%
		Influencia sobre los recursos	10%	Consumo energético	5%
				Consumo materias primas	5%

▪ **Enjuiciamiento de los impactos ambientales.**

1. Impactos positivos. Son aquellos que supone una mejora en las condiciones ambientales del factor o factores afectados.
2. Impactos despreciables. Son aquellos cuyos efectos no suponen perjuicios apreciables para el factor o factores ambientales considerados.
3. Impactos compatibles. Aquellos cuya recuperación ambiental es inmediata tras el cese de la actividad y no precisan de prácticas protectoras o correctoras.
4. Impactos moderados. Aquellos cuya recuperación no precisan de la práctica de medidas protectoras o correctoras y en los que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requieren cierto tiempo.

5. Impactos severos. Aquellos en los que la recuperación de las condiciones del medio exigen la aplicación de medidas correctoras y protectoras, no produciéndose dicha recuperación hasta un periodo de tiempo dilatado.
  
6. Impactos críticos. Aquellos cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con ellos se produce un impacto permanente de las condiciones ambientales sin posible recuperación incluso con la implantación de medidas correctoras, protectoras y compensatorias.

Tabla 3. Cuadro de Valoración

POSITIVO		POSIT.
DESPRECIABLE	0,00 - 0,20	DESP.
COMPATIBLE	0,21 - 0,40	COMPAT.
MODERADO	0,41 – 0,60	MOD.
SEVERO	0,61 – 0,80	SEV.
CRÍTICO	0,81 – 1,00	CRÍT.

▪ **Matrices de impactos ambientales.**

El método de análisis utilizado en este estudio para valorar los impactos ambientales, es el basado en tres matrices (aportaciones al impacto global, importancia de impactos ambientales y valoración), de doble entrada donde quedan segregados en niveles los distintos medios, subsistemas y factores por un lado, y por otro las diferentes fases por las que atraviesa el proyecto y sus acciones. Cada elemento de estas matrices es el resultado de un profundo análisis sobre los efectos que produce cada acción concreta sobre el factor que se trata.

A continuación se adjunta el análisis individual de cada impacto realizado mediante el método anteriormente descrito, así como las matrices anteriormente citadas.

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Aprovisionamiento de materiales sobre el aire</b>	
A1			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia <span style="float: right;">9</span>
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,091</span>
Acumulación	S	1	Ponderación del factor <span style="float: right;">10</span>
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,009</span>
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	<b>DESPRECIABLE</b>
Periodicidad	I	1	
Relatividad	I	1	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Aprovisionamiento de materiales sobre el suelo</b>	
B1			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia <span style="float: right;">9</span>
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,091</span>
Acumulación	S	1	Ponderación del factor <span style="float: right;">30</span>
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,027</span>
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	<b>DESPRECIABLE</b>
Periodicidad	I	1	
Relatividad	I	1	



<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Aprovisionamiento de materiales sobre incidencia visual</b>	
E1			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia <span style="float: right;">11</span>
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,273</span>
Acumulación	S	1	Ponderación del factor <span style="float: right;">10</span>
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,027</span>
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	<b>COMPATIBLE</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Aprovisionamiento de materiales en la calidad paisajística</b>	
F1			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia <span style="float: right;">10</span>
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,182</span>
Acumulación	S	1	Ponderación del factor <span style="float: right;">5</span>
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,009</span>
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	<b>DESPRECIABLE</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	I	1	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Utilización de maquinaria sobre la calidad del aire</b>	
A2			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia <span style="float: right;">12</span>
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,364</span>
Acumulación	A	2	Ponderación del factor <span style="float: right;">10</span>
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,036</span>
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	<b>COMPATIBLE</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Utilización de maquinaria en la calidad del suelo</b>	
B2			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia <span style="float: right;">10</span>
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,182</span>
Acumulación	S	1	Ponderación del factor <span style="float: right;">30</span>
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,055</span>
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	<b>DESPRECIABLE</b>
Periodicidad	I	1	
Relatividad	P	2	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Utilización de maquinaria en la incidencia visual</b>	
E2			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 10
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,182
Acumulación	N	1	Ponderación del factor 10
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,018
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	<b>DESPRECIABLE</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	I	1	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Utilización de maquinaria en sectores afectados</b>	
G2			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia 14
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,545
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 20
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,109
Momento	M	2	
Reversibilidad	N	2	<b>POSITIVO</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Utilización de maquinaria en el empleo</b>	
		H2	
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia 17
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,818
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 5
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global 0,041
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	<b>POSITIVO</b>
Periodicidad	A	3	
Relatividad	C	3	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Consumo energético por utilización de máquinas</b>	
		I2	
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 10
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,182
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 5
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,009
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	<b>DESPRECIABLE</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	I	1	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Ejecución obra en la calidad del aire</b>	
A3			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia 12
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,364
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 10
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0.036
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	<b>POSITIVO</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Ejecución obra en la calidad del suelo</b>	
B3			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 9
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,091
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 30
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,027
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	<b>DESPRECIABLE</b>
Periodicidad	I	1	
Relatividad	I	1	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Ejecución obra en incidencia visual</b>	
E3			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia <span style="float: right;">12</span>
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,364</span>
Acumulación	S	1	Ponderación del factor <span style="float: right;">10</span>
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,036</span>
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	<b>COMPATIBLE</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Ejecución obra en los sectores afectados</b>	
G3			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia <span style="float: right;">15</span>
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,636</span>
Acumulación	A	2	Ponderación del factor <span style="float: right;">20</span>
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,127</span>
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	<b>POSITIVO</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Ejecución obra sobre el empleo</b>	
H3			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia 13
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,455
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 5
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global 0,023
Momento	C	1	
Reversibilidad	N	2	<b>POSITIVO</b>
Periodicidad	I	1	
Relatividad	I	1	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Consumo energético en la ejecución de la obra</b>	
I3			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 10
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,182
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 5
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,009
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	<b>DESPRECIABLE</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	I	1	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Consumo materias primas en la ejecución de la obra</b>	
		J3	
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia <span style="float: right;">10</span>
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,182</span>
Acumulación	S	1	Ponderación del factor <span style="float: right;">5</span>
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,009</span>
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	<b>DESPRECIABLE</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	I	1	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Producción residuos en calidad del suelo</b>	
		B4	
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia <span style="float: right;">9</span>
Inmediatez	I	1	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,091</span>
Acumulación	A	2	Ponderación del factor <span style="float: right;">30</span>
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,027</span>
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	<b>DESPRECIABLE</b>
Periodicidad	I	1	
Relatividad	I	1	



<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Producción de residuos sobre la incidencia visual</b>	
		E4	
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 12
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,364
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 10
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,036
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	
<b>COMPATIBLE</b>			

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Tráfico interior sobre el aire</b>	
		A5	
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 14
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,545
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 10
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global 0,055
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	
<b>MODERADO</b>			

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Tráfico interior en sectores afectados</b>	
G5			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia <span style="float: right;">14</span>
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,545</span>
Acumulación	A	2	Ponderación del factor <span style="float: right;">20</span>
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,109</span>
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	<div style="border: 2px solid black; padding: 10px; display: inline-block;"><b>POSITIVO</b></div>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	I	1	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Tráfico interior en el empleo</b>	
H5			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia <span style="float: right;">15</span>
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,636</span>
Acumulación	A	2	Ponderación del factor <span style="float: right;">5</span>
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,032</span>
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	<div style="border: 2px solid black; padding: 10px; display: inline-block;"><b>POSITIVO</b></div>
Periodicidad	A	3	
Relatividad	I	1	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Ruidos y vibraciones en la calidad del aire</b>	
A6			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 13
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,455
Acumulación	A	2	Ponderación del factor 10
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,045
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	<b>MODERADO</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Ruido y vibraciones en la flora y fauna</b>	
D6			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia 9
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada 0,091
Acumulación	S	1	Ponderación del factor 5
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global 0,005
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	<b>DESPRECIABLE</b>
Periodicidad	I	1	
Relatividad	I	1	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Emisión de gases en la calidad del aire</b>	
A7			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia <span style="float: right;">12</span>
Inmediatez	I	1	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,364</span>
Acumulación	A	2	Ponderación del factor <span style="float: right;">10</span>
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,036</span>
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	<b>COMPATIBLE</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Producción planta en sectores afectados</b>	
G8			
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia <span style="float: right;">14</span>
Inmediatez	I	1	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,545</span>
Acumulación	A	2	Ponderación del factor <span style="float: right;">20</span>
Sinergia	S	2	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,109</span>
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	<b>POSITIVO</b>
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Producción planta en empleo</b>	
		H8	
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	P		Importancia <span style="float: right;">12</span>
Inmediatez	I	1	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,364</span>
Acumulación	A	2	Ponderación del factor <span style="float: right;">5</span>
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,018</span>
Momento	M	2	
Reversibilidad	S	1	
Periodicidad	B	2	
Relatividad	P	2	
<b>POSITIVO</b>			

<b>IMPACTO AMB:</b>		<b>Consumo energético por producción planta</b>	
		I8	
ATRIBUTOS		VALORACIÓN FACTORES	
Naturaleza	N		Importancia <span style="float: right;">10</span>
Inmediatez	D	2	Importancia normalizada <span style="float: right;">0,182</span>
Acumulación	S	1	Ponderación del factor <span style="float: right;">5</span>
Sinergia	N	1	Aportación al impacto global <span style="float: right;">0,009</span>
Momento	C	1	
Reversibilidad	S	1	
Periodicidad	M	2	
Relatividad	I	1	
<b>DESPRECIABLE</b>			

**MATRIZ DE VALORACIÓN  
DEL IMPACTO AMBIENTAL**

		FASE DE OBRAS					FASE DE EXPLOTACIÓN					
		Aprov. materiales	Utilización maquinaria	Ejecución obra	Producción residuos	Tráfico interior	Ruidos y vibraciones	Emisión de gases	Producción planta			
		1	2	3	4	5	6	7	8			
<b>MEDIO INERTE</b>	Aire	Calidad del aire	A	DESP.	COMPAT.	POSIT.		MOD.	COMPAT.			
	Tierra/Suelo	Calidad del suelo	B	DESP.	DESP.	DESP.						
	Agua	Calidad aguas subterráneas	C									
<b>MEDIO BIÓTICO</b>	Fauna/Flora	Fauna/Vegetación	D						DESP.			
<b>MEDIO PERCEPTUAL</b>	Cualidades del paisaje	Incidencia visual	E	COMPAT.	DESP.	COMPAT.	COMPAT.					
			F	DESP.			COMPAT.					
<b>MEDIO SOCIO-ECONÓMICO</b>	Actividades socioeconómicas	sectores afectados	G		POSIT.	POSIT.		POSIT.			POSIT.	
			H		POSIT.	POSIT.		POSIT.		POSIT.		POSIT.
	Influencias sobre los recursos	Consumo energético	I		DESP.	DESP.	DESP.					DESP.
J						DESP.	DESP.					

**MATRIZ IMPORTANCIA  
 IMPACTOS AMBIENTALES**

		FASE DE OBRAS				FASE DE EXPLOTACIÓN			
		Aprov. materiales	Utilización maquinaria	Ejecución obra	Producción residuos	Tráfico interior	Ruidos y vibraciones	Emisión de gases	Producción planta
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>MEDIO INERTE</b>	Aire	A	0,091	0,364	0,091	0,545	0,455	0,364	
	Tierra/Suelo	B	0,091	0,182	0,091				
<b>MEDIO BIÓTICO</b>	Agua	C							
	Fauna/Flora	D					0,091		
<b>MEDIO PERCEPTUAL</b>	Cualidades del paisaje	E	0,273	0,182	0,364	0,364			
	Actividades socioeconómicas	F	0,182			0,364			
<b>MEDIO SOCIO-ECONÓMICO</b>	Influencias sobre los recursos	G		0,545	0,636	0,545			0,545
		H		0,818	0,455		0,636		0,364
	I		0,182	0,182					0,182
		J			0,182				

**MATRIZ DE APORTACIONES  
 AL IMPACTO GLOBAL**

	FASE DE OBRAS					FASE DE EXPLOTACIÓN					Suma parcial
	Aprov. materiales	Utilización maquinaria	Ejecución obra	Producción residuos	Tráfico interior	Ruidos y vibraciones	Emisión de gases	Producción planta	8		
	1	2	3	4	5	6	7				
<b>MEDIO INERTE</b>	Aire	Calidad del aire	A	-0,009	-0,036	0,036	-0,027	-0,055	-0,045	-0,036	-0,172
	Tierra/Suelo	Calidad del suelo	B	-0,027	-0,055	-0,027					-0,109
	Agua	Calidad aguas subterráneas	C								
<b>MEDIO BIÓTICO</b>	Fauna/Flora	Fauna/Vegetación	D						-0,005		-0,005
<b>MEDIO PERCEPTUAL</b>	Cualidades del paisaje	Incidencia visual	E	-0,027	-0,018	-0,036	-0,036				-0,117
		Calidad paisajística	F	-0,009							-0,009
		Sectores afectados	G		0,109	0,127		0,109		0,109	0,454
<b>MEDIO SOCIO-ECONÓMICO</b>	Actividades socioeconómicas	Empleo	H		0,041	0,023		0,032		0,018	0,114
		Influencias sobre los recursos	I		-0,009	-0,009				-0,009	-0,027
		Consumo materias primas	J			-0,009					-0,009

<b>Total:</b>	<b>0,120</b>
---------------	--------------



▪ **Valoración de los impactos ambientales encontrados.**

Una vez aplicada la metodología propuesta y siendo analizados individualmente los impactos sobre los factores ambientales correspondientes a los medios inerte, biótico, perceptual, y socio económico; y siendo calculados los impactos agregados a todo el sistema, la valoración que se desprende de todo este proceso de análisis es la de considerar un impacto total positivo sobre el medio ambiente a consecuencia de las acciones que se producen en el proyecto estudiado.

Sin embargo, para minimizar en todo lo posible los impactos negativos y en línea con la actitud protectora, que sobre el medio ambiente debe tener cualquier actuación de este tipo, se acometerá la implantación del Programa de Acciones Protectoras, Correctoras y Compensatorias descrito a continuación.

Con la correcta aplicación de este programa, el impacto final de la modificación y explotación de la instalación sobre el medio ambiente, ha de considerarse con la catalogación final: **impacto positivo.**

#### **4. DOCUMENTO DE SÍNTESIS.**

- **Conclusiones relativas a la viabilidad de las actuaciones propuestas.**

Desde un punto de vista ambiental se manifiesta una clara viabilidad de las actuaciones propuestas, tanto en las fases de modificación de las instalaciones, como en la explotación de las mismas.

En primer lugar el proyecto viene a mejorar de forma cualitativa la eficacia técnico-ambiental de las instalaciones y en segundo lugar, las soluciones técnicas adoptadas no son agresivas con el medio ambiente, y son avanzadas desde un punto de vista tecnológico.

Por todo lo cual debemos concluir en este apartado que las soluciones propuestas en el presente proyecto no ofrecen dudas sobre su viabilidad técnica y ambiental y suponen una mejora importante en la dotación de infraestructuras para la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Jerez de la Frontera.

- **Elección de las distintas alternativas.**

Durante el proceso general de elaboración de los distintos estudios que componen el presente Proyecto para las distintas modificaciones del Pretratamiento, se han perfilado diferentes fases de análisis donde se estudiaron con todo detalle las diferentes alternativas y soluciones posibles.

En este sentido la síntesis que exponemos está basada en el extenso y riguroso análisis de gabinete y mercado sobre las tecnologías disponibles actualmente y de su incidencia ambiental durante la aplicación de las mismas en el proceso de explotación.

La elección de las soluciones técnicas y de los sistemas de gestión ha estado basada en la consecución de la mínima o nula incidencia sobre el medio ambiente. Este último aspecto queda garantizado por el Programa de Seguimiento y Control y por la firme actitud proambiental de los responsables de la E.D.A.R. de Jerez de la Frontera.

- **Propuesta de medidas correctoras.**

### **Introducción.**

En este apartado exponemos las medidas protectoras, correctoras y compensatorias detalladas en este Informe Ambiental. Este resumen elude en lo posible los tecnicismos y pretende ofrecer una perspectiva general de las acciones y medidas a tomar para preservar el medio ambiente en todas las fases del proyecto.

### **Inventario de medidas.**

#### **1. Integración ambiental y paisajística del conjunto.**

En nuestro caso se trata de integrar ambientalmente el conjunto de modificaciones que se deben llevar a cabo en el transcurso de los trabajos de ejecución del presente Proyecto, respetando el modelo seguido en el resto de la instalación.

#### **2. Pistas y viales interiores.**

Durante la explotación de las instalaciones se deberán tomar medidas para reducir al mínimo o eliminar las molestias y riesgos procedentes de la emisión de polvo y materiales transportados por el viento, ya sea mediante el asfaltado o por otros métodos de tratamiento antipolvo.

### 3. Asignación de responsabilidades ambientales durante las obras.

Durante todo el tiempo que duren los trabajos, se designaran personas responsables ante la Dirección de obra, en materia de:

- Orden y limpieza de las zonas afectadas por la obra.
- Delimitación de áreas para la ubicación de: restos de obra, materiales metálicos, envases y envoltorios plásticos, restos de maderas papeles y cartón, etc., hasta su destino final o revalorización.
- Almacenamiento, apilamiento etc, de materiales, componentes y equipos auxiliares para la obra.
- Eliminación de potenciales vertidos accidentales procedentes de la maquinaria, utensilios, etc.

En ultima instancia será la propietaria de la E.D.A.R. de Jerez de la Frontera, la que debe velar por la consecución del objetivo propuesto.

### 4. Programa de ejecución de las obras.

Antes de dar comienzo las obras proyectadas, la empresa o empresas responsables de su ejecución, deberán presentar por escrito a la propiedad, un plan detallado en el que figuren todos los aspectos e hitos más relevantes que van a producirse durante el desarrollo de las obras hasta su entrega.

### 5. Aseguramiento de la calidad.

La calidad con que se ejecuten las obras, se instalen y pongan a punto los equipos y maquinaria, influirá de forma directa sobre la eficacia de las instalaciones para el tratamiento de residuos, con la consiguiente repercusión sobre el medio ambiente.

En este sentido desde un punto de vista ambiental, resulta fundamental el aseguramiento de la calidad en todo el proceso de construcción y puesta a punto de las instalaciones, para lo cual, la propiedad deberá asegurarse de la calidad de todos los aspectos concernientes a los materiales y a los equipos:

6. Gestión de los residuos generados durante la obra e instalación de los equipos.

Todos los residuos generados durante las obras deberán ser trasladados a una instalación autorizada, para su tratamiento, revalorización o destino final.

7. Manuales de operación y funcionamiento.

Con objeto de conocer con detalle la operativa de funcionamiento de los equipos e instalaciones nuevas y poder obtener de ellos el mejor rendimiento técnico y los mejores resultados ambientales posibles, la propiedad, deberá recibir de los proveedores de dichos equipos, los manuales de operaciones correspondientes. El contenido de dichos manuales deberá ser conocido y asimilado por las personas que asistan operativamente a dichos equipos.

8. Requerimientos energéticos y producción de emisiones.

Todos los equipos relacionados en el proyecto técnico que sean incorporados a las instalaciones, deberán poseer una ficha completa de características técnicas facilitada por el proveedor.

9. Condiciones de operatividad.

Aparte de las recomendaciones y datos que puedan facilitar los proveedores, sobre las condiciones óptimas de funcionamiento de cada equipo, resultaría provechoso para la propiedad, la obtención de una estadística sobre el rendimiento

general de la planta de proceso para obtener en todo momento el mejor rendimiento técnico y ambiental.

#### 10. Registro informatizado de condiciones de operatividad.

Como complemento del punto anterior, se propone la instalación de un sistema informático de registro de todos aquellos datos relacionados con el proceso, para un mayor control y mejora del rendimiento. Dicho registro deberá estar protegido contra fallos o eventualidades técnicas.

#### 11. Formación ambiental.

Las personas que habitualmente se encuentren realizando trabajos relacionados con el proyecto técnico, deberán poseer un mínimo de formación y conocimientos ambientales, especialmente sobre el proceso, características físico químicas y efectos sobre el medio ambiente, de las distintas actividades que realicen en el desarrollo de su trabajo.

Para ello será necesario desarrollar un plan de formación ambiental destinado a los trabajadores y técnicos de la propiedad, que aconsejamos debería ser diseñado e implantado en un plazo no superior a un año desde la entrega de las nuevas instalaciones.

#### 12. Control de accesos.

El acceso a las nuevas instalaciones sólo se podrá realizar con la autorización por parte de la propiedad, respetando todas aquellas normas que ésta considere oportunas.

### 13. Laboratorio.

El laboratorio es un instrumento básico e imprescindible para una eficaz explotación de las nuevas instalaciones. En él se controlará la calidad de la materia prima empleada, la eficacia de los distintos procesos y todas aquellas determinaciones necesarias para poder realizar un control ambiental adecuado para las instalaciones. Por ello es importante la implantación estructurada de un sistema de calidad, si se carece de él.

### 14. Zonas de servidumbre y régimen de circulación interior.

En el interior de las instalaciones, deberán quedar perfectamente delimitadas las distintas zonas en función de sus diferentes usos y establecido el régimen de circulación interior.

El resultado de esta estructuración en planta del espacio disponible, deberá ser la consecución de unas instalaciones donde el orden y la limpieza sean la primera garantía de una buena gestión ambiental.

### 15. Zona de Tratamiento.

Se realizarán medidas periódicas de todos aquellos parámetros de control que se consideren oportunos, así como se procederá a una revisión exhaustiva de todos los equipos intervinientes en el proceso

El suelo de la planta deberá estar impermeabilizado y con buen acceso a todos los lugares, para facilitar la recogida y limpieza de posibles derrames incidentales.

La planta deberá contar con un sistema de protección contra incendios homologado.

#### 16. Red de drenaje y escorrentía.

Es necesario mantener en optimas condiciones de operatividad los canales principales de desagüe. Estos últimos deberán tener su lecho limpio de obstáculos en todo momento sobre todo en época de lluvias.

#### 17. Plan de comunicación.

La razón de incluir en el programa un sistema de información responde a diferentes finalidades:

En primer lugar, se propone la elaboración de un sistema de información pública que permita informar a las personas y entidades con inquietudes ambientales sobre la gestión que se lleva a cabo en las instalaciones después de las pertinentes modificaciones.

En segundo lugar, informar e involucrar a todas aquellas entidades o personas de las actividades que se realizan en las instalaciones relacionadas con el medioambiente

#### 18. Sistema de comunicación y formación ambiental para los trabajadores.

El objetivo fundamental de incorporar un programa de formación, se debe a la necesidad de que los operarios y técnicos responsables de la gestión que se desarrolle en las instalaciones de la E.D.A.R. de Jerez de la Frontera, tengan los conocimientos y experiencia necesaria para que en el ejercicio de su actividad y lleven a cabo las prácticas y actuaciones adecuadas que eviten afecciones negativas para el medio ambiente y para la salud de las personas.



- **Programa de control y seguimiento.**

### **Introducción.**

Para un correcto seguimiento y control del cumplimiento de todas las medidas propuestas en el apartado anterior, así como de todos los posibles impactos o correcciones ambientales futuras, se redacta el siguiente Programa de Control y Seguimiento.

### **Programa de control y seguimiento**

La intención es que el programa se pueda ejecutar sin necesidad de utilizar medios extraordinarios, complejas metodologías o dotaciones económicas específicas. Se entiende que la aplicación del Programa de Vigilancia Ambiental es más una cuestión organizativa y de actitud, donde el sentido de la responsabilidad ambiental juega un papel fundamental

En muchos casos bastará con un simple recorrido visual por la zona afectada, para que una persona con sensibilidad ambiental, pueda percatarse del grado de cumplimiento de este programa.

#### **1. Fase de construcción.**

Durante la fase de construcción resulta fundamental para la adecuada ejecución de este Programa de Control y Seguimiento, la figura del Director de Obra. Éste será el responsable de llevar a cabo las prescripciones del Programa y deberá impartir las instrucciones necesarias que hagan posible su ejecución.

Deberá prestar especial atención a los siguientes puntos de control:

- Examinar los materiales.
- Asegurarse, que los posibles derrames de aceites o combustibles procedentes de la maquinaria que se esté empleando en la obra, sean eliminados en el instante de producirse.
- Una vez terminadas las obras, no deben abandonarse los restos de materiales, áridos, tablonos, utensilios inservibles, etc.

## 2. Fase de operaciones.

Este Programa de Control y Seguimiento en la fase de operaciones, se estructurará a través de diferentes áreas de vigilancia ambiental, con objeto de definir de la forma mas ordenada posible, las diferentes responsabilidades ambientales y las acciones a tomar para la consecución de los objetivos propuestos.

Para la consecución de dichos objetivos relacionados la Memoria Descriptiva y en este Programa, la dirección de la E.D.A.R. de Jerez de la Frontera, deberá designar según su criterio entre las personas de su organización, a diferentes responsables de área, con objeto de facilitar el cumplimiento del programa y la determinación de responsabilidades dentro de la organización.

Las áreas de vigilancia ambiental a implantar para la ejecución del Plan de Vigilancia son las siguientes:

- Control de entradas.
- Laboratorio.
- Zona Predesbaste.
- Zona Desbaste.

- Zona Desarenado-Desengrasado.
- Control de aguas.
- Control de gases.

## **ANEXO VI: NORMATIVA**

Para la elaboración de este proyecto se ha utilizado principalmente la siguiente normativa:

Leyes:

- Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 7/94, de Protección Ambiental de la Comunidad Autónoma Andaluza.

Decretos:

- R.D. 1495/86, que aprueba el reglamento de seguridad en máquinas.
- R.D. 1316/89, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al ruido.
- R.D. 1942/93, por el que se aprueba el reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios.
- R.D. 153/96 de la Junta de Andalucía por el que se aprueba el reglamento del Informe Ambiental.
- R.D. 39/97, que establece el Reglamento de los Servicios de Protección.
- D. 485/97, que establece las disposiciones mínimas en materias de señalización de seguridad y salud.
- R.D. 486/97, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los espacios y lugares de trabajo.
- R.D. 487/97, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.
- R.D. 1215/97, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los equipos de trabajo.

- R.D. 379/2001, por el que se aprueba el reglamento sobre almacenamiento de productos químicos.
- R.D.L. 1/2001, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.

Instrucciones Técnicas:

- ITC-MIE-APQ 001, sobre almacenamiento de productos inflamables en los lugares de trabajo.
- ITC-MIE-APQ 005, sobre almacenamiento de productos químicos.
- ITC-MIE, de baja tensión.
- Normas U.N.E.
- Notas Técnicas de Prevención del I.N.S.H.
- Normas Internacionales.

## **ANEXO VII: BIBLIOGRAFÍA**

- Metcalf & Eddy. “Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización”. McGraw – Hill, 1995.
  
- Degremont. “ Manual técnico del agua”. 1992.
  
- Aurelio Hernández Muñoz. “Depuración de Aguas Residuales”. Ed. Paraninfo, S.A. 1996.
  
- Mataix, C.: "Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas". Ed. Del Castillo, 1993.
  
- Costa, I.: "Curso de Química Técnica". Ed. Reverte, 1991.
  
- McCabe, Smith & Harriot: "Operaciones básicas de Ingeniería Química". Ed. McGraw Hill, 1991,
  
- Hernández Lehmann, A.: "Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales ". Ed Paraninfo, 1997.
  
- Franzini, J.B.: “Mecánica de Fluidos con aplicaciones en Ingeniería”. Ed. McGraw-Hill, 2000.
  
- Giles, R. V., "Mecánica de los Fluidos e Hidráulica", McGraw Hill, 1994.
  
- W. Canter, L.: "Manual de Evaluación de Impacto Ambiental". Ed. McGraw Hill, 1994.



DIRECCIONES DE INTERNET:

- [http:// www.solerpalau.es](http://www.solerpalau.es)
- [http:// www.nederman.es](http://www.nederman.es)
- [http:// www.abs.com](http://www.abs.com)
- [http:// www.juntadeandalucía/medioambiente](http://www.juntadeandalucía/medioambiente)
- [http:// www.milliarium.com](http://www.milliarium.com)

# **DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES**

## ÍNDICE:

<b>TITULO I. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE FACULTATIVA .....</b>	<b>272</b>
CAPÍTULO 1º: DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA .....	272
CAPÍTULO 2º: OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONTRATISTA .....	273
CAPÍTULO 3º: DE LAS OBRAS Y SU EJECUCIÓN .....	279
CAPÍTULO 4º: DE LA RECEPCIÓN DE LAS OBRAS .....	287
<b>TITULO II. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE ECONÓMICA .....</b>	<b>289</b>
CAPÍTULO 1º: BASE FUNDAMENTAL .....	289
CAPÍTULO 2º: FIANZAS .....	290
CAPÍTULO 3º: PRECIOS .....	292
CAPÍTULO 4º: VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS .....	295
CAPÍTULO 5º: INDEMNIZACIÓN .....	304
CAPÍTULO 6º: OTROS PAGOS A CUENTA DEL CONTRATISTA .....	306
<b>TITULO III. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE LEGAL .....</b>	<b>308</b>
<b>TITULO IV. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE TÉCNICA .....</b>	<b>315</b>

## **TITULO I. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE FACULTATIVA**

### **CAPÍTULO 1º: DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.**

#### **Art. 1. DIRECCIÓN FACULTATIVA.**

La Dirección Facultativa de las obras e instalaciones recaerá en el Ingeniero que suscribe, salvo posterior acuerdo con la Propiedad.

#### **Art. 2. FACULTAD GENERAL DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.**

Además de las facultades particulares que corresponden a la Dirección Facultativa, expresadas en los artículos siguientes, es misión específica suya la dirección y vigilancia de los trabajos que se realicen, con autoridad técnica legal, completa e indiscutible sobre las personas y cosas situadas en obra y en relación con los trabajos que para la ejecución del contrato se lleven a cabo, pudiendo incluso, pero con causa justificada, recusar en nombre de la Propiedad al Contratista, si considera que el adoptar esta solución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra. Con este fin, el Contratista se obliga a designar sus representantes de obra, los cuales atenderán en todo las observaciones e indicaciones de la Dirección Facultativa, la inspección y vigilancia de todos los trabajos y a proporcionar la información necesaria sobre el cumplimiento de las condiciones de la contrata y del ritmo de realización de los trabajos, tal y como está previsto en el Plan de Obra.

A todos estos efectos el adjudicatario estará obligado a tener en la obra durante la ejecución de los trabajos el personal técnico y los capataces y encargados necesarios que, a juicio de la Dirección Facultativa, sean necesarios para la debida conducción y vigilancia de las obras e instalaciones.

## **CAPÍTULO 2º: OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONTRATISTA.**

### **Art. 3. REPRESENTACIÓN DEL CONTRATISTA.**

Desde que se dé principio a las obras hasta su recepción provisional, el Contratista designará un jefe de obra como representante suyo autorizado que cuidará de que los trabajos sean llevados con diligencia y competencia. Este jefe estará expresamente autorizado por el Contratista para recibir notificaciones escritas o verbales emitidas por la Dirección Facultativa y para asegurar que dichas órdenes se ejecuten. Asimismo estará expresamente autorizado para firmar y aceptar las mediciones realizadas por la Dirección Facultativa.

Cualquier cambio que el Contratista desee efectuar respecto a sus representantes y personal cualificado y en especial del jefe de obras, deberá comunicarse a la Dirección Facultativa no pudiendo producir el relevo hasta la aceptación de la Dirección Facultativa de las personas designadas.

### **Art. 4. PRESENCIA DEL CONTRATISTA EN LA OBRA Y DE SU PERSONAL EN LAS INSTALACIONES.**

El Contratista, por sí o por medio de sus facultativos representantes o encargados estará en la obra durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la Dirección Facultativa en las visitas que haga a la obra. Asimismo, por sí o por medio de sus representantes, asistirá a las reuniones de obra que se convoquen, no pudiendo justificar por motivo de ausencia ninguna reclamación a las órdenes cruzadas por la Dirección Facultativa en el transcurso de las reuniones.

Para el buen desarrollo de los trabajos planificados, la Propiedad habilitará tantas acreditaciones como sean exigidas por el Contratista para garantizar el acceso de su personal a cualquier hora del día a las instalaciones para realizar los

trabajos especificados en el calendario de trabajo, cuyas características se recogen en el artículo 17 del presente Pliego de Condiciones. También facilitará un acceso a las instalaciones propio de la obra disponible las 24 horas del día.

El Contratista garantizará a la Propiedad la conservación por parte de todos sus empleados del resto de las instalaciones, respetando aquellas zonas que se consideren por parte de ésta que son de acceso restringido al personal de la obra. Cualquier incidencia provocada por los trabajos ejecutados que afecten al resto de las instalaciones, será responsabilidad del Contratista.

#### Art. 6. OFICINA EN LA OBRA.

El contratista habilitará, en la zona que la Propiedad considere oportuna, una Oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha Oficina tendrá siempre el Contratista una copia autorizada de todos los documentos del Proyecto que le hayan sido facilitados por la Dirección Facultativa y el "Libro de órdenes" a que se refiere el artículo siguiente.

#### Art. 7. TRABAJOS NO ESTIPULADOS EXPRESAMENTE EN EL PLIEGO DE CONDICIONES.

Es obligación de la contrata ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente estipulado en los Pliegos de Condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga la Dirección Facultativa y dentro de los límites de posibilidades que los Presupuestos determinen para cada unidad de obra tipo de ejecución.

#### Art. 8. INSUFICIENTE ESPECIFICACIÓN EN LA DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO.

Si a juicio de la Contrata o de la Propiedad, alguna parte de la obra no quedara suficientemente especificada en esta documentación, no se realizará hasta que la Dirección Facultativa dé las indicaciones precisas y concretas para su ejecución. Este extremo se advertirá a la citada Dirección por escrito, con la antelación suficiente para que pueda estudiar el problema y aportar la solución más acertada, sin que ello suponga retraso en la marcha de la obra. El tiempo de antelación variará con la importancia del estudio, siendo el mínimo de una semana.

**Art. 9. INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO.**

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o dibujos, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando éste obligado a su vez a devolver, ya los originales, ya las copias, suscribiendo con su firma al enterado, que figurará asimismo en todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto de la Propiedad como de la Dirección Técnica.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Contratista, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de 15 días, a la Dirección Facultativa, la cual dará al Contratista el correspondiente recibo si éste lo solicitase.

**Art. 10. INFORMACIÓN DEL CONTRATISTA A SUBCONTRATAS, INSTALADORES Y OFICIOS.**

El Contratista se verá obligado a suministrar toda la información precisa a las diferentes subcontratas, instaladoras y oficios, para que su labor se ajuste al Proyecto. En cualquier caso, el Contratista será el único responsable de las variaciones o errores que se hubieran podido cometer en obra por desconocimiento de las especificaciones aquí detalladas.

**Art. 11. COPIAS DE DOCUMENTOS.**

El Contratista tiene derecho a sacar copias, a su costa, de los Planos, Presupuestos, Pliegos de Condiciones y demás documentos del Proyecto. La Dirección Facultativa, si el Contratista lo solicita, autorizará estas copias con su firma una vez confrontadas. En la obra siempre se encontrará una copia completa del Proyecto visada por el Colegio Oficial, copia que no se utilizará como planos de obra, sino en contados casos de comprobaciones.

**Art. 12. RECLAMACIONES CONTRA LAS ÓRDENES DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes demandadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, a través de la misma, ante la Propiedad, si ellas son de orden económico, y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes.

Contra disposiciones de orden técnico o facultativo de la Dirección Facultativa, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad si lo estima oportuno, mediante exposición razonada, dirigida a la Dirección Facultativa, la cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

**Art. 13. RECUSACIÓN POR EL CONTRATISTA DEL PERSONAL NOMBRADO POR LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.**

El Contratista no podrá recusar el personal técnico o de cualquier índole, dependiente de la Dirección Facultativa o de la Propiedad, encargado de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la Propiedad se designen otro facultativos para los reconocimientos y mediciones. Cuando se crea perjudicado con los resultados de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo



precedente, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

**Art. 14. RECUSACIÓN POR LA DIRECCIÓN FACULTATIVA DEL REPRESENTANTE DEL CONTRATISTA.**

Cuando esté ausente el Contratista, o si éste no fuese práctico en las artes de la Construcción y siempre que por cualquier causa, la Dirección Facultativa lo estime necesario, el Contratista tendrá obligación de poner al frente de su personal un facultativo legalmente autorizado.

Sus funciones serán: vigilar los trabajos y colocación de medios auxiliares, verificar las operaciones técnicas, así como cumplir las instrucciones de la Dirección Facultativa y firmar el "Libro de órdenes" con el enterado a las órdenes del citado facultativo.

Será objeto de recusación el facultativo si carece de carné que acredite su cualificación, o de los conocimientos necesarios para poder realizar su cometido, probados por su experiencia y que le permitan la interpretación de los planos y órdenes, de forma que pueda cumplir sus funciones.

**Art. 15. DEL PERSONAL DEL CONTRATISTA.**

a) Encargado:

El encargado, nombrado por el Contratista, se considerará a las órdenes de la Dirección Facultativa, siempre que ésta o la persona que la sustituya se lo requiera para el mejor cumplimiento de su misión.

b) Recusación de personal:

El Contratista viene obligado a separar de la obra aquel personal que, a juicio de la Dirección Facultativa, no cumpla sus obligaciones de la forma debida.

Art. 16. LIBRO DE ÓRDENES.

La Dirección Técnica tendrá siempre en la Oficina de la Obra y a disposición de la Dirección Facultativa un "Libro de Órdenes", con sus hojas foliadas por duplicado y visado por el Colegio Oficial.

En el mismo se redactarán todas las órdenes que la Dirección Facultativa crea dar al Contratista para que adopte las medidas de todo género que puedan sufrir los obreros, los operarios y empleados de la Propiedad ajenos a la obra, así como el resto de las instalaciones, las que crean necesarias para subsanar o corregir las posibles deficiencias que haya observado en las visitas de la obra y, en suma, todas las que juzguen indispensable se lleven a cabo de acuerdo y en armonía con los documentos del Proyecto.

Cada orden deberá ser firmada por la Dirección Facultativa y el "Enterado" suscrito por el Contratista o su representante en obra; la copia de cada orden entendida quedará en poder de la Dirección Facultativa. El hecho de que en el citado Libro no figuren redactadas las órdenes que ya preceptivamente tiene la obligación de cumplimentar el Contratista, de acuerdo con lo establecido en las normas oficiales, ordenanzas, reglamentos, etc., no supone estimarte ni atenuante alguno para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista.

### **CAPÍTULO 3º: DE LAS OBRAS Y SU EJECUCIÓN.**

#### **Art. 17. CALENDARIO DE TRABAJO.**

El Contratista propondrá a la Dirección Facultativa el correspondiente Calendario de Trabajo. Aceptado este Calendario, se firmarán por la Contrata y por la Dirección Técnica, quedándose cada parte con una copia.

La Contrata se obliga, por este documento, a justificar mensualmente el cumplimiento de las ejecuciones programadas.

#### **Art. 18. REGLAMENTO GENERAL.**

En el plazo fijado por el anterior Calendario de Trabajo, la Contrata procederá al replanteo de las líneas fundamentales y puntos de nivel necesario sobre el terreno para poder delimitar las modificaciones que se van a realizar en las instalaciones existentes.

El Constructor se ceñirá estrictamente a las notas de alineación y niveles que se especifican en los Documentos Gráficos. Si se encontrara alguna anomalía entre lo especificado en los planos y el replanteo del terreno, se informará inmediatamente a la Dirección Facultativa antes de iniciar las obras. Una vez realizadas las modificaciones oportunas, si es que dan lugar, se realizará un Acta de Replanteo, que será firmada por el Contratista y la Dirección Facultativa (por triplicado) en la que la Dirección Facultativa hará constar si se puede iniciar la obra. A partir de este momento, el Contratista será el único responsable de los errores que pudieran cometerse en dimensiones, alineaciones y cota de nivel, siendo de su cuenta las operaciones necesarias para su rectificación.

**Art. 19. COMIENZO DE LOS TRABAJOS.**

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta a la Dirección Facultativa del comienzo de los trabajos antes de transcurrir veinticuatro horas de su iniciación.

En cualquier caso, serán requisitos previos para la formalización del Acta de Replanteo la preparación a pie de obra de elementos auxiliares y maquinaria indispensable para el comienzo, la adjudicación de los trabajos que haya lugar y con el personal suficiente para el inicio de la obra.

La fecha en que se vaya a dar principio a la ejecución deberá ir indicada en el Calendario de Trabajo.

**Art. 20. PLAZO DE EJECUCIÓN.**

Será el que se señale en el documento privado que se realice entre la Contrata y la Propiedad.

**Art. 21. ORDEN DE LOS TRABAJOS.**

En general, la determinación del orden de los trabajos será facultad potestativa de la contrata, salvo aquellos casos en que, por cualquier circunstancia de orden técnico o facultativo, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

Estas órdenes deberán comunicarse, precisamente por escrito, a la contrata y ésta vendrá obligada a su estricto cumplimiento, siendo directamente responsable de cualquier daño o perjuicio que pudiera sobrevenir por su incumplimiento.

**Art. 22. AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS DE FUERZA MAYOR.**

Cuando sea preciso, por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar al proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándolos según las instrucciones dadas por la Dirección Facultativa, en tanto se formula o se tramita el proyecto reformado.

El Contratista está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuando la Dirección Facultativa de la Obra disponga, aquellas obras de carácter urgente que se estimen, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en el Presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que mutuamente convengan.

**Art. 23. PRÓRROGAS POR CAUSA DE FUERZA MAYOR.**

Si por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista y siempre que esta causa sea distinta de las que se especifican como la rescisión en el capítulo "Condiciones generales de índole legal", aquél no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable de la Dirección Facultativa de la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

**Art. 24. RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE LA OBRA.**

Con objeto de no interferir la marcha de las obras, y para el cumplimiento del plazo, la contrata solicitará a la Dirección Facultativa, los datos que considere puedan retrasar el mismo.

Asimismo, antes de ejecutar una unidad de obra no estipulada en el Proyecto, se someterá, con la antelación suficiente, el precio contradictorio para su aprobación que firmarán en caso de aceptación la Propiedad, la Dirección Facultativa y el Contratista adjudicatario de las obras, previo informe de la repercusión económica de los precios contradictorios.

#### Art. 25. CONDICIONES GENERALES DE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto que haya servido de base a la contrata, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue la Dirección Facultativa al Contratista, siempre que éstas encajen dentro de la cifra a que asciendan los Presupuestos aprobados.

#### Art. 26. OBRAS OCULTAS.

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación de ésta, se levantarán los planos precisos e indispensables para que queden perfectamente definidos, Estos documentos se extenderán por triplicados, entregándose: uno al propietario, otro a la Dirección Facultativa y el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por estos dos últimos. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

#### Art. 27. TRABAJOS DEFECTUOSOS.

El Contratista, como es natural, debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en "Las Condiciones Generales de índole Técnica" del presente Pliego de Condiciones, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la instalación, el Contratista es el

único responsable de la ejecución de los trabajos contratados y de las faltas y defectos que en éstos puedan ocurrir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o de los aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa, ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que la Dirección Técnica o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valoradas en las certificaciones parciales de la obra, que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando la Dirección Facultativa o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas de acuerdo con lo contratado y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la resolución y se negase a dicha sustitución, se procederá de acuerdo con lo establecido en el Artículo "Materiales y Aparatos Defectuosos" siguiente.

#### Art. 28. VICIOS OCULTOS.

Si la Dirección Facultativa tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo y antes de la recepción definitiva, las modificaciones, sustituciones o demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuosos.

Los gastos que se ocasionen correspondientes a este concepto, serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente y, en caso contrario, correrán a cargo del Propietario.

**Art. 29. DE LOS MATERIALES Y APARATOS Y SU PROCEDENCIA.**

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezcan convenientes, siempre que reúnan las condiciones exigidas en el contrato, que estén perfectamente preparados para el objeto a que se apliquen y sean, a lo preceptuado en los Pliegos de Condiciones y a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

**Art. 30. EMPLEO DE LOS MATERIALES Y APARATOS.**

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los aparatos, sin que antes sean examinados y aceptados por la Dirección Facultativa en los términos que prescriben los Pliegos de Condiciones, depositando al efecto el Contratista las muestras y modelos necesarios previamente contraseñados, para efectuar con ellos las comprobaciones, ensayos o pruebas preceptuadas en el Pliego de Condiciones vigente en la obra.

Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, pruebas, etc. antes indicados, serán a cargo del Contratista.

**Art. 31. MATERIALES NO UTILIZABLES.**

El Contratista, a su costa, transportará y colocará agrupándolos ordenadamente y en el sitio de la obra en el que por no causar perjuicios a la marcha de los trabajos se le designe, los materiales que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones particulares vigentes en la Obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella



cuando así lo ordene la Dirección Facultativa, pero acordando previamente con el Contratista su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

#### Art. 32. MATERIALES Y APARATOS DEFECTUOSOS.

Cuando los materiales y aparatos no fuesen de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, la Dirección Facultativa dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas.

La Dirección Facultativa podrá, si las circunstancias o el estado de la obra lo aconsejan, permitir el empleo de aquellos materiales defectuosos que mejor lo parezcan o aceptar o imponer el empleo de otros de superior calidad a la indicada en los Pliegos. Si no le fuese posible al Contratista suministrarlos de la requerida en ellos, descontándose en el primer caso la diferencia de precio del material requerido al defectuoso empleado y no teniendo derecho el Contratista a indemnización alguna en el segundo. No obstante lo anteriormente expuesto, cuando la orden sea notarialmente injusta a juicio del Contratista, éste podrá recurrir ante la Propiedad, de acuerdo con lo estipulado en el Artículo "Reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa" precedente.

#### Art. 32. DE LOS MEDIOS AUXILIARES.

Serán de cuenta y riesgo del Contratista: los andamios, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesitasen, no cabiendo, por tanto, al propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares. Todos éstos, quedarán a beneficio del Contratista, sin que éste pueda fundar reclamación alguna de la insuficiencia de dichos medios, cuando éstos estén detallados en el Presupuesto y consignados por

partida, alzado o incluidos en los precios de las unidades de obra.

**Art. 33. SERVICIOS.**

La propiedad suministrará los servicios necesarios a pie de obra, tales como agua, electricidad, corriendo éstos a cargo de ella.

## **CAPÍTULO 4º: DE LA RECEPCIÓN DE LAS OBRAS.**

### **Art. 34. RECEPCIONES PROVISIONALES.**

Para proceder a la recepción provisional de las obras, será necesaria la asistencia del propietario o de su representación autorizada (que puede recaer en la Dirección Facultativa), de la Dirección Facultativa de la Obra y del Contratista o su representante, debidamente autorizado.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha el plazo de garantía señalado en la obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se especificarán en la misma las precisas y detalladas instrucciones que la Dirección Facultativa debe señalar al Contratista para remediar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones a fin de proceder de nuevo a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, se declarará rescindida la contrata con pérdida de fianza, a no ser que el propietario acceda a conceder un nuevo e improrrogable plazo.

### **Art. 35. CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE.**

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones parciales y la definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Si las instalaciones fueran utilizadas antes de la recepción definitiva, la vigilancia, limpieza y reparaciones acusadas por el uso correrán a cargo del Propietario, siendo

las reparaciones por vicio de obra o por defectos en las instalaciones, a cargo del Contratista.

En caso de duda, será juez inapelable la Dirección Facultativa, sin que contra su resolución quepa ulterior recurso.

**Art. 36. PLAZO DE GARANTÍA.**

El plazo de garantía será un año contando desde la fecha en que la recepción provisional se verifique, quedando durante dicho plazo la conservación de las obras y arreglo de desperfectos (ya provengan del asiento de las obras, ya de la mala construcción de aquéllas), a cargo del Contratista.

**Art. 37. RECEPCIÓN DEFINITIVA.**

Finalizado el plazo de garantía, se procederá a la recepción definitiva, con las mismas formalidades señaladas en los artículos precedentes para la provisional; si se encontraran las obras en perfecto estado de uso y conservación, se darán por recibidas definitivamente y quedará el Contratista relevado de toda responsabilidad legal que le pudiera alcanzar derivada de la posible existencia de vicios ocultos.

En caso contrario, se procederá de idéntica forma que la preceptuada para la recepción provisional, sin que el Contratista tenga derecho a percepción de cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía, y siendo obligación suya hacerse cargo de los gastos de conservación hasta que la obra haya sido recibida definitivamente.

## **TITULO II. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE ECONÓMICA**

### **CAPÍTULO .1º: BASE FUNDAMENTAL.**

#### **Art. 1. BASE FUNDAMENTAL.**

Como base fundamental de estas "Condiciones particulares de índole económica", se establece el principio de que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que éstos se hayan realizado con arreglo y sujeción al proyecto y condiciones generales y particulares que fijan la realización de la obra contratada.

## **CAPÍTULO 2º: FIANZAS.**

### **Art. 2. CONSTITUCIÓN DE LA FIANZA.**

Se establecen descuentos del cinco por ciento (5%) efectuados sobre el importe de cada certificación abonada al Contratista. El total de las retenciones constituirán la fianza, salvo en el caso en que la obra se adjudique por subasta, para cuyo caso la fianza se establecerá según Pliego General, Condiciones Generales de Índole Económica.

Si lo estipulado en este Art. estuviese recogido en contrato firmado entre la Propiedad y la Contrata, éste prevalecerá frente a lo expuesto.

### **Art. 3. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS CON CARGO A LA FIANZA.**

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, la Dirección Técnica, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por Administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para abonar los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

### **Art. 4. DE SU DEVOLUCIÓN EN GENERAL.**

La fianza depositada será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de ocho 8 días, una vez firmada el Acta de la Recepción Definitiva de la Obra, siempre que el Contratista haya acreditado, por medio de certificación del Alcalde del Distrito Municipal en cuyo término se halle emplazada la obra contratada, que no existe reclamación alguna contra aquél por los daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de jornales o materiales, ni por indemnizaciones

derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

**Art. 5. DE SU DEVOLUCIÓN EN EL CASO DE EFECTUARSE RECEPCIONES PARCIALES.**

Si el propietario creyera conveniente hacer recepciones parciales, no por ello tendrá derecho el Contratista a que se devuelva la parte proporcional de la fianza, cuya cuantía total quedará sujeta a las condiciones preceptuadas en el artículo 3 precedente.

### **CAPÍTULO 3º: PRECIOS.**

#### **Art. 6. PRECIOS UNITARIOS.**

El Contratista presentará precios unitarios de todas las partidas que figuran en el estado de mediciones que se le entregará.

Los precios unitarios que compongan el Presupuesto oferta, tienen valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pudieran sobrevenir.

#### **Art. 7. ALCANCE DE LOS PRECIOS UNITARIOS.**

El Presupuesto se entiende comprensivo de la totalidad de la obra, instalaciones o suministro y llevará implícito el importe de los trabajos auxiliares, el de la imposición fiscal derivada del contrato y de la actividad del Contratista en su ejecución, el de las cargas laborales de todo orden, todos los cuales no son objeto de partida específica. Quedarán incluidos en la oferta de la Contrata todos aquellos trabajos y materiales que aún no estén descritos en el presente Pliego de Condiciones, y sean necesarios para la total terminación de la obra.

#### **Art. 8. PRECIOS CONTRADICTORIOS.**

Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales o mano de obra de trabajos que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre la Dirección Facultativa y el Contratista o su representante autorizado a estos efectos. El Contratista los presentará descompuestos, siendo condición necesaria la presentación y la aprobación de estos precios antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra correspondientes.

De los precios así acordados se levantarán actas, que firmarán por triplicado la Dirección Facultativa, el presidente de la Junta Rectora y el Contratista o los



representantes autorizados de estos últimos, designados a dicho fin.

#### Art. 9. PRECIOS NO SEÑALADOS.

La fijación de precios deberá hacerse antes de que se ajuste la obra a que haya de aplicarse pero, si por cualquier circunstancia, en el momento de hacer las mediciones no estuviese aún determinado el precio de la obra ejecutada, el contratista viene obligado a aceptar el que señale la Dirección Facultativa.

Cuando a consecuencia de rescisión y otra causa fuere preciso valorar obras incompletas cuyo precio no coincida con ninguno de los que se consignan en el cuadro de precios, la Dirección Facultativa será la encargada de descomponer el trabajo hecho y compondrá el precio, sin reclamación por parte del Contratista.

#### Art. 10. REVISIÓN DE PRECIOS.

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ello que en principio no se deben admitir la revisión de los precios contratados. No obstante, y dadas las variabilidades continuas de los precios, de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que son características de determinadas épocas anormales, se admite durante ellas la revisión de los precios contratados, bien en alza o en baja y en armonía con las oscilaciones de los precios en el mercado. Se entiende, de todas formas, que se admitirá solamente aquellas variaciones de precios y jornales que hayan sido oficialmente autorizados. Por ello, y en los casos de revisión en alza, el contratista puede solicitarla del propietario, notificándolo por escrito, en cuanto se produzca cualquier alteración de precios que repercuta aumentando los contratos.

Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o de continuar la ejecución de la unidad de obra en que intervengan el elemento cuyo precio en el mercado y por causa justificada, ya ha subido, especificándose y

acordándose también previamente la fecha a partir de la cual se aplicará el precio revisado y elevado, para lo cual se tendrá en cuenta, y cuando así proceda, al acopio de materiales en la Obra, en el caso de que estuviesen abonados total o parcialmente por el propietario. Si el Propietario o la Dirección Facultativa en su representación, no estuviesen conformes con los nuevos precios de materiales, transportes, etc., que el Contratista desea recibir como normales en el mercado, aquél tiene la facultad de proponer al Contratista, y éste la obligación de aceptarlas, los materiales, transportes, etc., a precios inferiores de los pedidos por el Contratista, en cuyo caso, como es lógico y natural, se tendrán en cuenta para la revisión, los precios de los materiales, transportes, etc., adquiridos por el Contratista merced a la información del Propietario.

Cuando el Propietario o la Dirección Facultativa en su representación, solicitase al Contratista la revisión de precios por haber bajado los de los jornales, materiales, transportes, etc. se convendrá entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en la Obra, en equidad con la experimentada por cualquiera de los elementos constitutivos de la unidad de obra y la fecha en que empezarán a regir los precios revisados. Cuando entre los documentos aprobados por ambas partes figurase el relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al preceptuado en los casos de revisión por alza de precios.

#### Art. 11. FORMAS TRADICIONALES DE MEDIR O APLICAR LOS PRECIOS.

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas cuando se hallen en contradicción con las normas establecidas a estos efectos en el Pliego de Condiciones Generales.

## **CAPÍTULO 4º: VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS.**

### **Art. 12. FORMA DE ABONO DE LAS OBRAS.**

La forma de pago será la que se acuerda en el documento privado que firmen la Propiedad y el Contratista.

### **Art. 13. ABONO DE UNIDADES DE OBRAS EJECUTADAS.**

El Contratista deberá percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya ejecutado con arreglo y sujeción a los documentos del Proyecto, a las condiciones de la Contrata y a las órdenes e instrucciones que por escrito entregue la Dirección Facultativa, siempre dentro de las cifras a que ascienden los Presupuestos aprobados.

### **Art. 14. RELACIONES VALORADAS Y CERTIFICACIONES.**

En cada una de las épocas o fechas que estipule el documento privado o Contrato entre Propiedad y Contratista, este último presentará a la Dirección Facultativa una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos. Dicha valoración y medición se realizará a origen en todos los casos y teniendo presente lo establecido en el presente Pliego.

Para la realización de las mediciones, el Contratista avisará, con un tiempo suficiente y en las fechas previamente establecidas a la Dirección Técnica, por sí éste o su representante quieran presenciarlas.

Una vez elaborada la medición y valoración, el Contratista la remitirá a la Dirección Facultativa para que ésta dé su conformidad o, en el caso contrario, hacer las observaciones que crea oportunas en función de las mediciones y datos que previamente ha ido recogiendo en las sucesivas visitas a Obra.

Efectuadas por la Dirección Facultativa las correcciones necesarias, si las hubiese, emitirá su certificación firmada al Contratista y Propietario.

El Contratista podrá acudir contra la resolución de la Dirección Facultativa ante la Propiedad en la forma prevenida en los "Pliegos Generales de Condiciones Facultativas y Legales". Este paso lo comunicará a la Dirección Facultativa, justificando por escrito los motivos.

Si transcurridos diez días desde su envío (en el caso de que se haya pactado otro plazo) la Dirección Técnica no recibe notificación alguna, se considerará que el Contratista está conforme con los referidos datos y la certificación será inapelable.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa del Propietario podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los precios que figuren en los documentos del Proyecto, sin afectarlos del tanto por ciento de contrata.

La Dirección Facultativa no aceptará como certificable ninguna partida de obra que se encuentre, sin acabar o rematar totalmente. Tampoco aceptará la inclusión, en la certificación, de unidades de obra que se ejecuten fuera del orden lógico de la obra o de manera que, al seguir ésta, puedan sufrir deterioro.

Las certificaciones tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Si existiese contradicción entre lo recogido en este Artículo y lo firmado en contrato entre la Propiedad y la Contrata, prevalecerá lo expuesto en la cláusula del contrato en todo momento.

**Art. 15. MEJORAS DE OBRAS LIBREMENTE EJECUTADAS.**

Cuando el Contratista, incluso con autorización de la Dirección Facultativa, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o en general, introdujese en ésta, y sin pedírsela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la Dirección Técnica, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

**Art. 16. ABONOS POR PARTIDAS ENTERAS.**

No admitiéndole la índole especial de algunas obras su abono por sucesivas mediciones parciales, la Dirección Facultativa queda facultada para incluir estas partidas completas cuando lo estime justo, en las periódicas certificaciones parciales.

**Art. 17. ABONOS POR PARTIDAS ALZADAS.**

Caso, de que por no existir en el Presupuesto precios unitarios que puedan emplearse por asimilación con las obras ejecutadas por partidas alzadas, éstas se abonarán previa presentación de los justificantes de su costo (adquisición de materiales y lista de jornales debidamente controladas por la Dirección Facultativa).

**Art. 18. ABONO DE AGOTAMIENTOS Y OTROS TRABAJOS ESPECIALES NO CONTRATADOS.**

Cuando fuese preciso efectuar trabajos de cualquier índole especial u ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del Contratista, y si la Dirección Facultativa no los contratase con tercera persona, tendrá aquél la

obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales serán abonados por el Propietario por separado de la Contrata. A este efecto, la Dirección Facultativa designará la persona que deberá comprobar las listas de jornales, vales de materiales y medios auxiliares, que, unidas a los recibos de su abono, servirán de documentos justificativos de las cuentas, en los cuales firmará el visto bueno la Dirección Facultativa.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al Contratista, se le abonará juntamente con ellos el diez por ciento (10%) de su importe total, como interés del dinero adelantado y remuneración del trabajo y diligencia que ha tenido que prestar.

Si lo estipulado en este Art. estuviese recogido en contrato, firmado, entre la Propiedad y la Contrata, éste prevalecerá frente a lo expuesto.

#### Art. 19. LIQUIDACIONES PARCIALES.

Periódicamente el Contratista tendrá derecho a percibir una cantidad proporcional a la obra ejecutada en aquel período. A la vista del calendario de obra, se fijará el alcance de cada uno de los períodos y las cantidades a percibir al final de ellos.

Estas cantidades tendrán el carácter de entrega a buena cuenta y el Contratista no podrá percibir las hasta que no haya dado su conformidad la Dirección Facultativa.

De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso, suspender los trabajos ni llevarlos con menos incremento del necesario para la terminación de las obras en

el plazo establecido.

#### Art. 20. LIQUIDACIÓN GENERAL.

Terminadas las obras se procederá a hacer la liquidación general, que constará de las mediciones y valoraciones de todas las unidades que constituyan la obra.

#### Art. 21. PAGOS.

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra expedidas por la Dirección Facultativa, en virtud de las cuales se verifican aquéllos.

El importe de estos pagos se entregará precisamente al Contratista en cuyo favor se hayan rematado las obras, o a persona legalmente autorizada por el mismo, nunca a ningún otro, aunque se libren despachos o exhortos por cualquier Tribunal o Autoridad para su retención, pues se trata de fondos destinados al pago de operarios y no de intereses particulares del Contratista. Únicamente el saldo que la liquidación arroje a favor de éste y de la fianza, si no hubiese sido necesario retenerla para el cumplimiento de la contrata, podrá verificarse el embargo dispuesto por las referidas Autoridades o Tribunales.

#### Art. 22. SUSPENSIÓN O RETRASO EN EL RITMO DE LOS TRABAJOS.

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo que el que les corresponda, con arreglo al plazo en que deban terminarse.

Cuando el Contratista proceda de dicha forma, podrá el Propietario rescindir

la contrata.

**Art. 23. ABONO DE TRABAJOS EJECUTADOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA.**

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

1. Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto, abonados de acuerdo con lo establecido en los Pliegos Particulares o en su defecto en los Generales en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización, en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
2. Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso de las instalaciones, por haber sido éstas utilizadas durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios previamente acordados en su día.
3. Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de las obras o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

**Art. 24. VALORACIÓN EN EL CASO DE RESCISIÓN.**

Siempre que se rescinda la Contrata por causas que no sean de la responsabilidad del Contratista, las herramientas y demás útiles que como medios auxiliares de la construcción se hayan estado empleando en las obras con autorización de la Dirección Facultativa y la Contrata, y de no mediar acuerdo, se



atenderá a:

1. A los precios de tasación sin aumento alguno, recibirá el propietario aquellos de dichos medios auxiliares que señalan en las condiciones de la contrata, o en su defecto, los que considere necesarios para terminar las obras y no quiera reservar para sí el Contratista, entendiéndose que sólo tendrá lugar el abono por este concepto cuando el importe de los trabajos realizados hasta la rescisión no llegue a los dos tercios de las obras contratadas.
2. Los medios auxiliares quedarán de propiedad de la obra si así lo dispone la Dirección Facultativa, siéndole de abono al Contratista la parte correspondiente, en proporción a la cantidad de obras que falte por ejecutar según los cuadros de precios. Si la Dirección Facultativa resuelve no conservarlos, serán retirados por el Contratista. Se abonarán las obras ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas, también los materiales acopiados al pie de la obra, si son de recibo y de aplicación para terminar ésta y en calidad proporcionada a la obra pendiente de ejecución, siempre que no estorben ni dificulten la buena marcha de los trabajos, aplicándose a estos materiales los precios que figuren en el cuadro de precios descompuestos, o cuando no están comprendidos en él, se fijarán contradictoriamente. También se abonarán al Contratista los materiales que, reuniendo las mismas circunstancias, se hallen acopiados fuera de la obra, siempre que los transportes al pie de ella, en el término que al efecto se le fije por la Dirección Facultativa.

En los casos en que la rescisión obedezca a falta de pago o retraso en el abono, o a suspensión por plazo superior a un año imputable al propietario, se concederá al Contratista, además de las cantidades anteriormente expuestas, una indemnización que fijará la Dirección Facultativa en justicia y según su leal saber y entender, al objeto de atender todos los gastos justificados que por cualquier motivo

relacionado con las obras tuviera que hacer al Contratista, tales como derechos de contratos, custodia de fianza, anuncios, etc.

En los casos en que la rescisión sea producida por falta de cumplimiento de las medidas de seguridad necesarias, tal y como se recoge en el Pliego de Condiciones Generales de índole Legal, serán abonados los trabajos realizados hasta la fecha, descontándose las sanciones previstas por este concepto en el contrato firmado entre la Propiedad y la Contrata.

En los casos en que la rescisión sea producida por alteración del Presupuesto o por cualquiera de las causas reseñadas en las Condiciones Legales, no procederá más que el reintegro al Contratista de los gastos por custodia de fianza, y formalización del contrato, sin que pueda reclamar el abono de los útiles y herramientas destinados a las obras, ni otra indemnización alguna.

Cuando la rescisión se deba a falta de cumplimiento en los plazos de obra, no tendrá tampoco derecho el Contratista a reclamar ninguna indemnización ni a que se adquiera por el propietario los útiles y herramientas destinados a las obras, pero sí a que se abonen las ejecutadas con arreglo a condiciones y los materiales acopiados a pie de obra que sean de recibo y sean necesarios por la misma, sin acusar entorpecimiento a la buena marcha de los trabajos.

Cuando fuese preciso valorar obras incompletas, si el incompleto de su terminación se refiere al conjunto, pero las unidades de obras lo está en sí, entonces se medirán las unidades ejecutadas y se valorarán a los precios correspondientes del Presupuesto. Si lo incompleto es la unidad de obra y la parte ejecutada de ella fuera de recibo, entonces se abonará esta parte con arreglo a lo que le corresponda según la descomposición del precio que figura en el cuadro de proyecto, sin que pueda pretender el Contratista que, por ningún motivo, se efectúe la descomposición en otra forma que la que en dicho cuadro figura.

Toda unidad compuesta o mixta no especificada en el cuadro de precios, se valorará haciendo la descomposición de la misma y aplicando los precios unitarios de dicho cuadro a cada una de las partes que la integran, quedando en esta suma así obtenida, comprendidos todos los medios auxiliares, etc.

A la valoración de las obras y de las unidades de obra incompletas es aplicable también el tanto por ciento de bonificación acordado sobre el precio de ejecución material, así como la baja que se hubiera obtenido en la adjudicación.

#### Art. 25. ACOPIO DE MATERIALES.

Bien sea el inicio de las obras o después, en cualquier momento durante el transcurso de las mismas, la entidad propietaria, cuando lo crea oportuno, podrá exigir al Contratista que previo pago de los mismos por la Propiedad, acopie parte o la totalidad de los materiales necesarios para la ejecución de las obras.

Por dichos materiales se abonará el precio que figure en los documentos del contrario.

## **CAPÍTULO 5º: INDEMNIZACIÓN.**

### **Art. 26. IMPORTE DE LA INDEMNIZACIÓN POR RETRASO.**

El Contratista por causa de retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras, abonará a la Propiedad la cantidad de tres mil pesetas durante los días de retraso que no sobrepasen los dos meses siguientes al plazo de terminación. A partir de estos dos meses, la cantidad a abonar por el Contratista en concepto de indemnización se duplicará.

Lo recogido en Contrato firmado entre la Propiedad y la Contrata prevalecerá frente a lo establecido en este artículo, si se recoge este aspecto.

### **Art. 27. DEMORA DE LOS PAGOS.**

Si el Propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas dentro del mes siguiente al que corresponda el plazo convenido, el Contratista tendrá derecho además a percibir el abono de un cuatro y medio por ciento anual, en concepto de interés de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Lo recogido en Contrato firmado entre la Propiedad y la Contrata prevalecerá frente a lo establecido en este Art., si se recoge este aspecto.

### **Art. 28. INDEMNIZACIÓN DE DAÑOS CAUSADOS POR FUERZA MAYOR.**

El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causa de pérdidas, averías o perjuicios ocasionados en las obras, si no en los casos de fuerza mayor. A los efectos de este artículo, se consideran como tales casos únicamente los que siguen:

1. Los incendios causados por electricidad atmosférica.
2. Los daños causados por terremotos o maremotos.
3. Los producidos por vientos huracanados e inundaciones, superiores a los que sean de prever en el país y siempre que exista constancia inequívoca de que, por el Contratista, se tomarán las medidas posibles dentro de sus medios para evitar o atenuar los daños.
4. Los que provengan de movimientos del terreno en que están construidas las obras.
5. Los destrozos ocasionados violentamente a mano armada en tiempo de guerra, movimientos sediciosos, populares o robos tumultuosos.

La indemnización se referirá exclusivamente al abono de las unidades de obra ya ejecutadas o materiales acopiados a pie de obra, en ningún caso comprenderá medios auxiliares, maquinaria o instalaciones, etc., o propiedad de la Contrata.

## **CAPÍTULO 6º: OTROS PAGOS A CUENTA DEL CONTRATISTA.**

### **Art. 29. ARBITRIOS.**

El pago de arbitrios e impuestos sobre vallas, alumbrados, etc. y por preceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista. No obstante, deberá ser reintegrado del importe de todos aquellos conceptos que no hayan sido previstos en el momento de la oferta, a juicio de la Dirección Facultativa.

### **Art. 30. COPIA DE DOCUMENTOS.**

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costo de los planos, Pliegos de Condiciones y demás documentos de la contrata. Igualmente, serán de su cuenta los gastos de copias de toda clase de documentos que el Contratista precisa para redactar proposiciones de presupuestos.

### **Art. 31. VIGILANTE DE OBRAS.**

Será también por cuenta del Contratista el abono de jornales del vigilante de obras, en el caso de que el Ingeniero estime necesario su nombramiento, siendo nombrado directamente por la Dirección Técnica.

### **Art. 32. SEGURO DE OBRAS.**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva.

La cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

El importe abonado por la Sociedad Aseguradora en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario para que, con cargo a ella, se abone la obra que se construya, y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción, y a medida que ésta se vaya realizando. En ningún caso, salvo conformidad expresa de Contratista, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos de la construcción de la parte siniestrada.

La infracción de lo anteriormente expuesto, será motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir la contrata, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc. y una indemnización equivalente al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijará previamente la proporción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía y, si nada se previene, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio que afecta la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuran en la póliza de seguro los pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimientos del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

#### **Art. 33. MEDIDAS DE SEGURIDAD.**

El contratista está obligado a imponer todas aquellas medidas de seguridad necesaria para el buen desarrollo de la obra, corriendo por su cuenta los gastos originados por este concepto.

### **TITULO III. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE LEGAL**

#### **Art. 1. CONTRATISTAS.**

Los requisitos que deberán cumplir los Contratistas serán impuestos por la Propiedad y consensuados con la Dirección Facultativa de la obra.

#### **Art. 2. EL CONTRATO Y SU ADJUDICACIÓN.**

La ejecución de las obras se contratará por unidades de obra, ejecutadas con arreglo a los documentos del Proyecto, admitiéndose subcontratas con firmas especializadas, siempre que estén dentro de los precios que fije el Presupuesto del Proyecto.

La adjudicación de las obras podrán efectuarse por cualquiera de los procedimientos siguientes:

- Subasta pública o privada.
- Concurso público o privado.
- Adjudicación directa.

#### **Art. 3. FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO.**

Los contratos se formalizarán mediante documento privado en general, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. El cuerpo de estos documentos, si la adjudicación se hace por subasta, contendrán un tanto del acta de subasta que haga referencia exclusivamente a la proposición del rematante, o sea la declarada más



ventajosa: la comunicación de adjudicación, copia del recibo de depósito de fianza, en el caso de que se haya exigido, y una cláusula en la que se exprese terminantemente que el Contratista se obliga al cumplimiento exacto del contrato, conforme a lo previsto en el P.G.C., en los particulares del proyecto y de la contrata, en los planos y en el presupuesto, es decir, en todos los documentos del Proyecto.

Si la adjudicación se hace por concurso, la escritura contendrá los mismos documentos, sustituyendo al acta de la subasta la del concurso.

#### Art. 4. ARBITRAJE OBLIGATORIO.

Ambas partes se comprometen a someterse al arbitraje de amigables componedores, designados uno de ellos por el Propietario, otro por la Contrata y tres Ingenieros del Colegio Oficial correspondiente, uno de los cuales será forzosamente el Director de Obra.

#### Art. 5. JURISDICCIÓN COMPETENTE.

En caso de no haberse llegado a un acuerdo por el anterior procedimiento, ambas partes quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones que puedan surgir como derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales administrativos, con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese enclavada la obra.

#### Art. 6. RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el proyecto (la Memoria tendrá consideración de documento del proyecto).

Como consecuencia de ello, vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa el que la Dirección Técnica haya examinado y reconocido la construcción durante las obras, ni el que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

**Art. 7. RECONOCIMIENTOS DE OBRAS CON VICIOS OCULTOS.**

Si la Dirección Facultativa tiene fundadas razones para sospechar la existencia de vicios ocultos en las obras ejecutadas, ordenará en cualquier tiempo, antes de la recepción definitiva, la demolición de las que sean necesarias para reconocer las que suponga defectuosas.

Los gastos de demolición y reconstrucción que ocasionen serán de cuenta del Contratista, siempre que los vicios existan realmente, y en caso contrario, correrán a cargo del Propietario.

**Art. 8. VIGILANCIA DE OBRA.**

Serán de cargo y cuenta del Contratista LA VIGILANCIA DE LAS INSTALACIONES y aquellas otras medidas que se consideren oportunas para preservar la seguridad en la zona afectada por las obras.

Toda observación referente a este punto, será puesta inmediatamente en conocimiento de la Dirección Facultativa.

El Contratista es responsable de toda falta relativa a la policía urbana y a las Ordenanzas Municipales vigentes en la localidad en que la edificación esté emplazada.

**Art. 9. ACCIDENTES DE TRABAJO.**

En casos de accidentes ocurridos a los operarios con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos en la legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la propiedad por responsabilidades en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar posibles accidentes.

De los accidentes y perjuicios de todo género que, por no cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será éste el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente dichas disposiciones legales. Será preceptivo que en el "Tablón de anuncios" de la obra y durante todo el transcurso de ella figure el presente artículo "Pliego de Condiciones Generales de índole legal", sometiéndolo previamente a la firma de la Dirección Facultativa.

#### Art. 10. DAÑOS A TERCEROS.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sobrevinieran en las obras. Será, por tanto, de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando a ello fuese requerido, el justificante de tal cumplimiento.

**Art. 11. PAGO DE ARBITRIOS.**

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, enganches y acometidas provisionales de obra, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista.

Se exceptúan los pagos de Licencia Municipal y los enganches definitivos de suministro y evacuación, salvo que se pacte de otro modo en el contrato.

**Art. 12. OBLIGACIONES LABORALES.**

El Contratista es el único responsable del fiel cumplimiento de la vigente legislación laboral. Por tanto, todo el personal que intervenga en la obra estará dado de alta, con su cualificación correspondiente, en los Organismos Oficiales que sean indicados.

**Art. 13. ANUNCIOS Y CARTELES.**

Sin previa autorización de la Propiedad, estará prohibido poner más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos.

**Art. 14. COPIAS DE DOCUMENTOS.**

El Contratista tiene derecho a sacar copias a su costa, de los planos, Presupuestos y pliego de condiciones, y demás documentos del Proyecto.

La Dirección Facultativa, si el Contratista lo solicita, autorizará estas copias con su firma una vez confrontadas.

**Art. 15. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO.**

Se consideran causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

1. La muerte o incapacidad del Contratista.
2. La quiebra del Contratista.

En los casos anteriores, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el Propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquéllos derecho a indemnización alguna.

3. Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
  - a) La modificación del Proyecto en forma tal que representen alteraciones fundamentales del mismo a juicio de la Dirección Facultativa, y en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, represente en más o en menos el 25% como mínimo, del importe de aquél.
  - b) La modificación de unidades de obra, siempre que estas modificaciones representen variaciones, en más o en menos, del 40 % como mínimo de alguna de las unidades que figuren en las mediciones del proyecto, o más de un 50 % de unidades del proyecto modificadas.
4. La suspensión de obra comenzada, y en todo caso, siempre por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación; en este caso, la devolución de fianza será automática.

5. La suspensión de obra comenzada en el plazo señalado en las condiciones particulares del proyecto.
6. No dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones particulares del proyecto.
7. El incumplimiento de las condiciones del contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
8. La terminación del plazo de ejecución de la obra, sin haber llegado a ésta.
9. El abandono de la obra sin causa justificada.
10. La mala fe en la ejecución de los trabajos.

## **TITULO IV. CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE TÉCNICA**

### **Art. 1. FORMA GENERAL DE EJECUTAR LOS TRABAJOS.**

Las obras se ajustarán a los planos y a esta Memoria-Pliego de Condiciones, resolviéndose cualquier discrepancia que pudiera existir por Ingenieros Directores de la Obra. Si por cualquier circunstancia fuese preciso efectuar alguna variación en las obras a realizar, se redactará el correspondiente proyecto reformado, el cual desde el día de su fecha, se considerará parte integrante del proyecto primitivo y, por tanto, sujeto a las mismas especificaciones de todos y cada uno de los documentos de éste en cuanto no se le opongan explícitamente.

Si el proyecto reformado implicase variación en el Presupuesto total de las obras, se procederá con arreglo a lo que se prevé en el artículo que trata del tipo económico de contrata.

### **Art. 2. REPLANTEO.**

Una vez adjudicada la obra, se procederá al replanteo general, marcando las alineaciones y rasantes de los puntos que deberán quedar perfectamente determinados por puntos invariables durante la marcha de la obra.

Del resultado del replanteo se levantarán actas, que firmarán ambas partes, debiendo hacer constar en ellas si se puede proceder a la ejecución de la obra y todas las circunstancias en que se encontraba las instalaciones en ese momento.

### **Art. 3. INTERPRETACIÓN DEL PLIEGO.**

Para resolver cualquier duda que pueda plantearse en cuanto a la interpretación de un artículo de este Pliego, o de algún aspecto del mismo que no quedara suficientemente claro, deberá recurrirse a los Pliegos de Condiciones

aprobados y a las Normas, Reglamentos y Ordenanzas Oficiales actualmente en vigor.

**Art. 4. CONDICIONES QUE DEBEN SATISFACER LOS MATERIALES.**

Todos los materiales que hayan de emplearse en estas obras habrán de reunir con todo rigor las condiciones mecánicas, físicas y químicas requeridas para cada uno, reservándose la Dirección Técnica de la obra el derecho de ordenar sean retirados, demolidos o reemplazados, dentro de cualquiera de las épocas de la obra o de sus plazos de garantía aquéllas que, a su parecer, perjudicasen en cualquier medida el aspecto, la seguridad o la bondad de la obra.

**Art. 5. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.**

El conjunto de los diversos trabajos que deben realizarse para ultimar en las condiciones requeridas el conjunto proyectado, así como los materiales y aparatos que se deben emplear relacionados y especificados en los títulos anteriores y posteriores y los restantes que aunque no figuren sean indispensables para la ejecución de las obras, de acuerdo y en armonía con los documentos del proyecto redactado, cumplirán las condiciones establecidas para cada uno de dichos materiales por parte de la Dirección Facultativa, cuyo criterio será totalmente inapelable.

**Art. 6. MATERIALES NO CONSIGNADOS EN LOS PLIEGOS.**

Cualquier material que no fuera consignado ni descrito en los Pliegos, Ordenes o Normas antes mencionados y fuese necesario utilizar, reunirá las condiciones que se requieran para su función a juicio de la Dirección Técnica de la Obra, y en este sentido el criterio de la Dirección Facultativa será totalmente inapelable.



**Art. 7. RESPONSABILIDADES.**

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva de las obras ejecutadas, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que se han contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir, bien sea mala ejecución o deficiente calidad de los materiales empleados, sin que le otorgue derecho alguno la circunstancia de que el Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención, ni tampoco el hecho de haber sido valoradas en las certificaciones parciales de obra.

**Art. 8. PROCEDENCIA DE MATERIALES Y APARATOS.**

El Contratista podrá proveerse de materiales y aparatos a utilizar en las obras objeto de este Pliego en los puntos que le parezcan convenientes, siempre que reúnan las especificaciones técnicas exigidas por el Proyecto.

**Art. 9. CONTROL.**

Antes de proceder al empleo de los materiales, serán examinados y aceptados por el Director, quién podrá disponer si así lo considera, de todas las pruebas, análisis, ensayos, etc., hasta su definitiva aprobación. Los gastos que dichos ensayos ocasionen, serán exclusivo cargo del Contratista.

**Art. 10. MATERIALES NO UTILIZABLES.**

Los materiales que no sean utilizables en la obra, se retirarán cuando así lo ordene el Director, acordando previamente con el Contratista su justa tasación.

**Art. 11. MEDIOS AUXILIARES.**

Serán de cuenta y riesgo del Contratista los andamios, máquinas y demás

medios auxiliares que para la ejecución de la obra se necesiten, no contrayendo el Propietario responsabilidad alguna por cualquier avería que pueda ocurrir por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

**Art. 12. MEDIOS DE SEGURIDAD.**

Serán de cuenta y riesgo del Contratista aquellas medidas de seguridad que para la ejecución de la obra se necesiten, no contrayendo el Propietario responsabilidad alguna debida a accidentes laborales que puedan ocurrir por insuficiencia de dichas medidas.

**Art. 13. SERVICIOS.**

Será responsabilidad de la Propiedad suministrar a pie de obra aquellos servicios necesarios para la realización de éstos, tales como agua, electricidad, etc.

**Art. 14. MUESTRAS DE MATERIALES.**

De cada clase de material presentará el Contratista, oportunamente, muestras a la Dirección Facultativa para su aprobación, las cuales se conservarán para comprobar en su día los materiales que se ha empleado.

**Art. 15. MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS.**

Las máquinas y demás útiles que sean necesarios emplear para la ejecución de las obras reunirán las mejores condiciones para su funcionamiento. La Dirección Facultativa puede ordenar la retirada de las obras de aquellos elementos que no ofrezcan completa confianza.

**Art. 16. MANO DE OBRA.**

Todo el personal especialista que se emplee en estas obras, tendrá perfecto

conocimiento de su oficio, con arreglo a su categoría. El Contratista tiene obligación de separar de la obra aquel personal, que a su juicio o el de la Dirección no cumpla con sus obligaciones en la forma debida.

## **DOCUMENTO Nº4: PRESUPUESTO**

## ÍNDICE:

<b>1. CONSIDERACIONES INICIALES .....</b>	<b>322</b>
<b>2. COSTE DE LOS EQUIPOS .....</b>	<b>322</b>
2.1. COSTE ACTUACIÓN EN POZO DE GRUESOS .....	322
2.2. COSTE ACTUACIÓN EN DESBASTE .....	323
2.3. COSTE EXTRACCIÓN LOCALIZADA .....	324
<b>3. COSTES DIRECTOS DE LA MODIFICACIÓN .....</b>	<b>325</b>
<b>4. COSTES INDIRECTOS DE LA MODIFICACIÓN .....</b>	<b>325</b>
<b>5. CAPITAL A INVERTIR .....</b>	<b>326</b>

## DOCUMENTO Nº4: PRESUPUESTO

### 1. CONSIDERACIONES INICIALES.

El presente documento presenta un estudio preliminar de costes de las modificaciones a implantar en la zona de Pretratamiento de la EDAR *Guadalete* de Jerez de la Frontera.

Los datos de los equipos han sido suministrados por las empresas distribuidoras, mientras que otros aspectos se han realizado aplicando valores obtenidos mediante catálogos y bibliografía.

### 2. COSTE DE LOS EQUIPOS.

En este apartado se muestra una breve descripción de cada uno de los equipos de la planta, y se especifican el precio unitario y el total de cada uno de ellos. Los precios incluyen el 16% de IVA, la instalación la puesta en marcha.

#### 2.1. COSTE ACTUACIÓN EN POZO GRUESOS.

Descripción	Unidad	Medición	Precio unitario (€)	Precio total (€)
CUCHARA BIVALVA de 300 litros de capacidad para materiales de 2,2 t/m <sup>3</sup> . Potencia: 4 kW. Cuerpo y estructura de acero laminado soldado. Valvas de acero A-42b.	und.	1	9.772,88	9.772,88
ALQUILER BOMBA SUMERGIBLE con caudal	und.	1	2.103,54	2.103,54

diseño de 3.000 m <sup>3</sup> /h a una altura manométrica de 5 m.c.a. Potencia: 60,5 kW. Cuerpo difusor en acero fundición GG-20 y eje en inoxidable.				
<b>Coste actuación Pozo Guesos</b>				<b>11.876,42 €</b>

## 2.2. COSTE ACTUACIÓN EN DESBASTE.

Descripción	Unidad	Medición	Precio unitario (€)	Precio total (€)
TAMIZ DE ESCALERA para caudal de 4.350 m <sup>3</sup> /h. Paso de sólidos: 3 mm. Movimiento entre láminas circular. Altura descarga útil: 3.080 mm. Potencia nominal: 3,0 kW. Fabricado en acero inox. AISI-316L.	Und.	1	63.450,00	63.450,00
PRENSA TRANSPORTADORA de 2,49 m <sup>3</sup> /h de capacidad. Potencia: 3 kW. Acero AISI 316.	Und.	1	12.098,00	12.098,00
PRENSA TRANSPORTADORA de 0,85 m <sup>3</sup> /h de capacidad. Potencia: 1,5 kW. Acero AISI 316.	Und.	1	9.155,00	9.155,00
<b>Coste actuación Desbaste</b>				<b>84.703,00 €</b>

### 2.3. COSTE DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA.

Descripción	Unidad	Medición	Precio unitario (€)	Precio total (€)
BRAZO EXTRACCIÓN ARTICULADO de 4m y 160 mm de diámetro. Manguera de poliuretano. Estructura brazo, campana de acero inox. 316. Marcado EX II 2 G/D.	und.	2	4.440,00	8.880,00
ASPIRADOR 4 CV. Clasificado EEx.	und.	1	6.770,00	6.770,00
INTERRUPTOR DE MANTENIMIENTO. 6 polos. Potencia: 15 kW.	und.	1	195,00	195,00
ARRANCADOR ESTRELLA/ TRIÁNGULO 11. Potencia: 11 kW. Grado protección: IP-54.	und.	1	1.782,00	1.782,00
<b>COSTE EXTRACCIÓN LOCALIZADA</b>				<b>17.627,00 €</b>

Con todo ello el conjunto de modificaciones a instaurar en el Pretratamiento de la E.D.A.R. suponen un coste que asciende a DIECISIETE MIL SEISCIENTOS VIENTISIETE EUROS (17.627,00 €).



### 3. COSTES DIRECTOS DE LA MODIFICACIÓN.

Concepto	Costo (€)
Modificaciones Pretratamiento	114.166,42
Redes de tuberías	
- Pozo de Gruesos	1.327,54
- Sist. Extracción Localizada	1.770,50
- Bomba sumergible	1.364,56
Instrumentación y control	13.699,97
Obra civil	5.338,49
<b>Costes directos totales</b>	<b>137.667,48 €</b>

### 4. COSTES INDIRECTOS DE LA MODIFICACIÓN.

Concepto	Costo (€)
Retribuciones contractuales	4.130,02
Contingencias	12.390,07

<b>Costes indirectos totales</b>	<b>16.520,10 €</b>
----------------------------------	--------------------

## 5. CAPITAL A INVERTIR.

La inversión total necesaria a realizar es la suma de los costes directos e indirectos estimados en los puntos anteriores:

Costes	Capital estimado (€)
Directos	137.667,48
Indirectos	16.520,10
<b>Inversión de capital</b>	<b>154.187,58 €</b>

El importe del Presupuesto de Ejecución por Contrata del Proyecto “Modificación del Proceso de Pretratamiento en la E.D.A.R. Guadalete de Jerez de la Frontera” asciende a la cantidad de **CIENTO CINCUENTA Y CUATRO MIL CIENTO OCHENTA Y SIETE EUROS Y CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS (154.187,58 €)**.

## **DOCUMENTO Nº2: PLANOS**

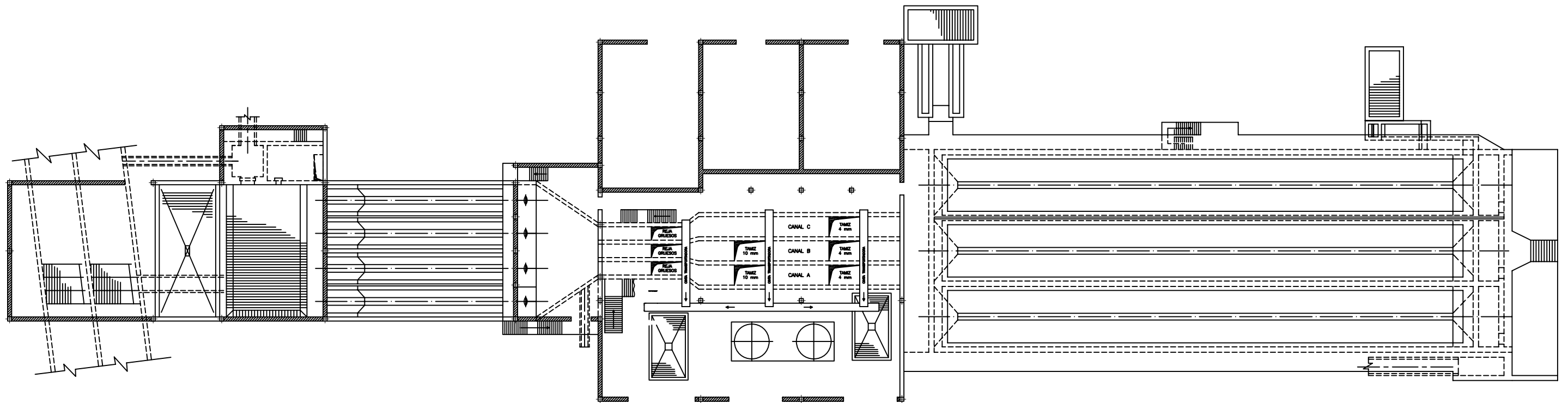
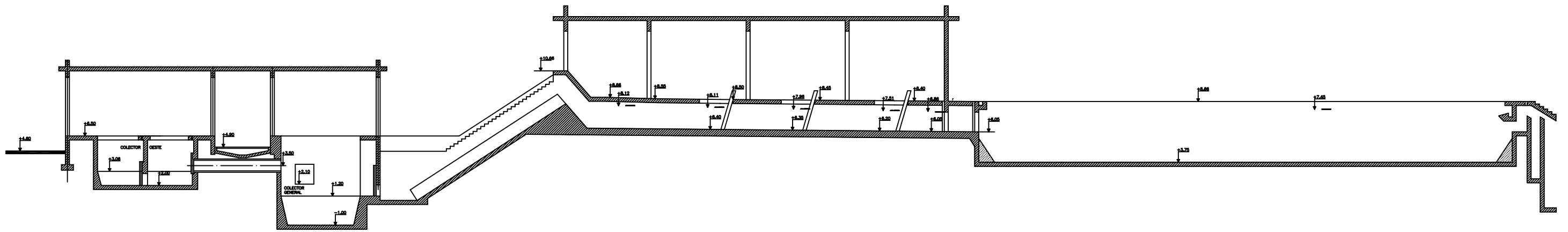
## **ÍNDICE:**

### **\* PLANOS PREVIOS A LAS MODIFICACIONES**

- PLANO 1: PRETRATAMIENTO ANTES DE LAS MODIFICACIONES
- PLANO 2: SALA PREDESBASTE ANTES DE LAS MODIFICACIONES
- PLANO 3: PUENTE GRÚA
- PLANO 4: SALA DESBASTE ANTES DE LAS MODIFICACIONES

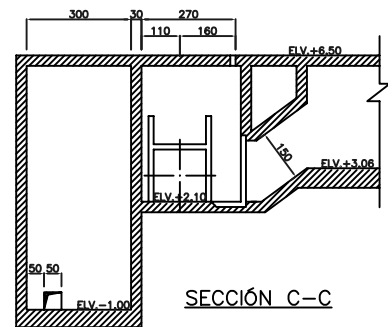
### **\* PLANOS TRAS LAS MODIFICACIONES**

- PLANO 5: PRETRATAMIENTO DESPUÉS DE LAS MODIFICACIONES
- PLANO 6: SALA PREDESBASTE DESPUÉS DE LAS MODIFICACIONES
- PLANO 7: CUCHARA BIVALVA
- PLANO 8: BOMBA SUMERGIBLE PARA SALA PREDESBASTE
- PLANO 9: SALA DESBASTE DESPUÉS DE LAS MODIFICACIONES
- PLANO 10: TAMIZ DE ESCALERA AUTOLIMPIENATE
- PLANO 11: PRENSAS TRANSPORTADORAS
- PLANO 12: PRENSAS TRANSPORTADORAS. DIMENSIONES
- PLANO 13: SISTEMA DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA

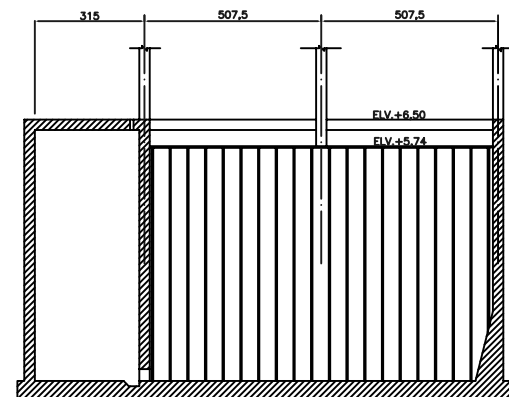


NOTAS:  
 COTAS GENERALES EN cm.  
 COTAS DE NIVEL EN mts.

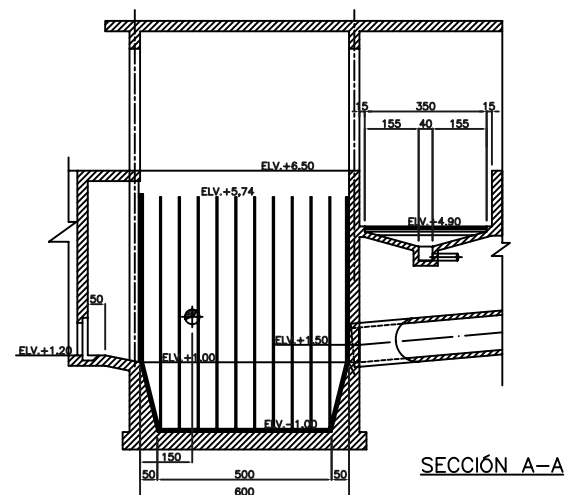
PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA	FECHA: JUNIO 2005
PRETRATAMIENTO ANTES DE LAS MODIFICACIONES	ESCALA: 1:150
FRANCISCO JAVIER MOZO CÁLIZ	Nº PLANO: 01



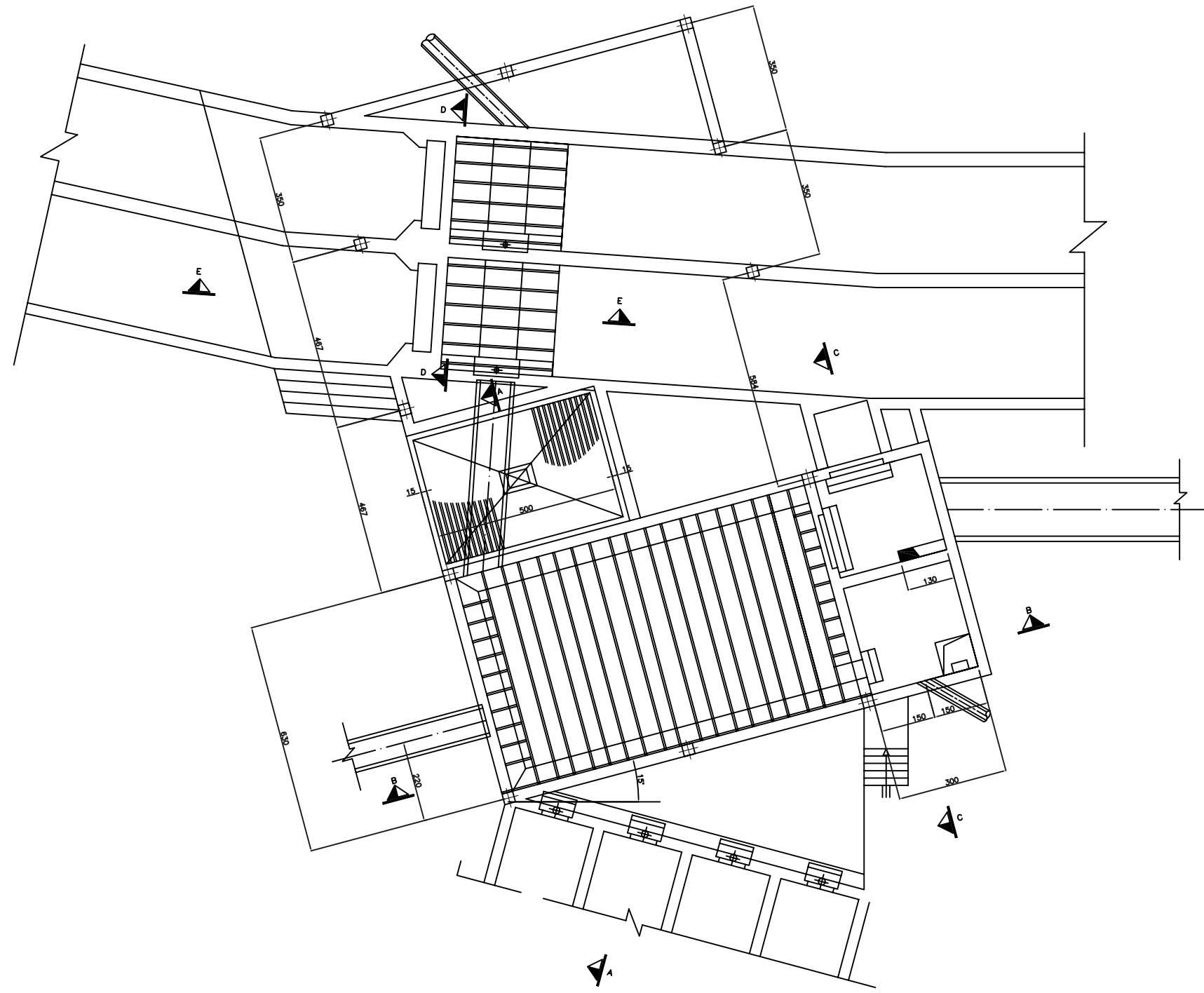
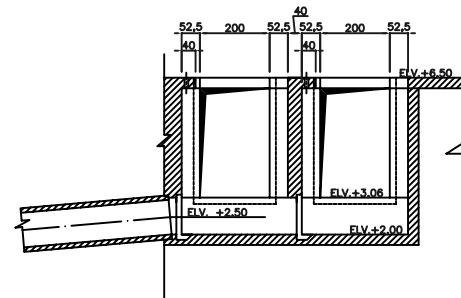
SECCIÓN C-C



SECCIÓN B-B



SECCIÓN A-A



NOTA:

COTAS GENERALES EN cm.  
COTAS DE NIVEL EN mts.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO  
EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA

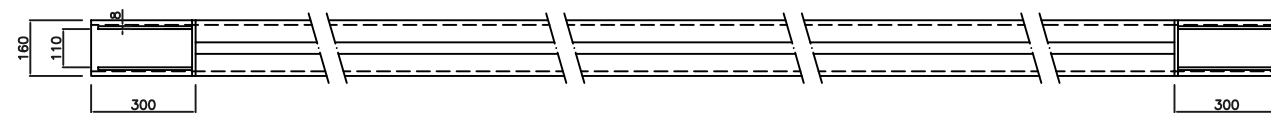
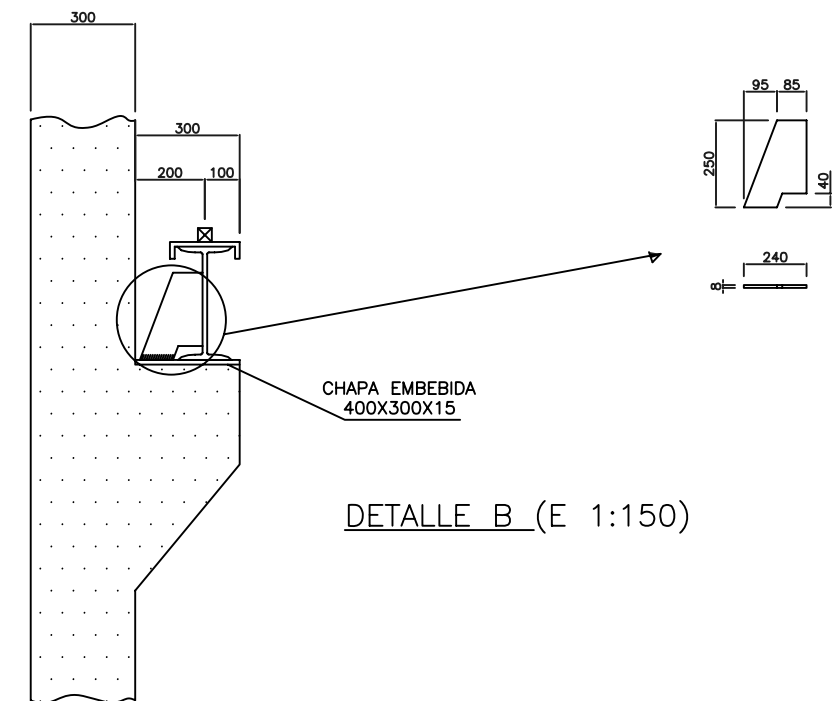
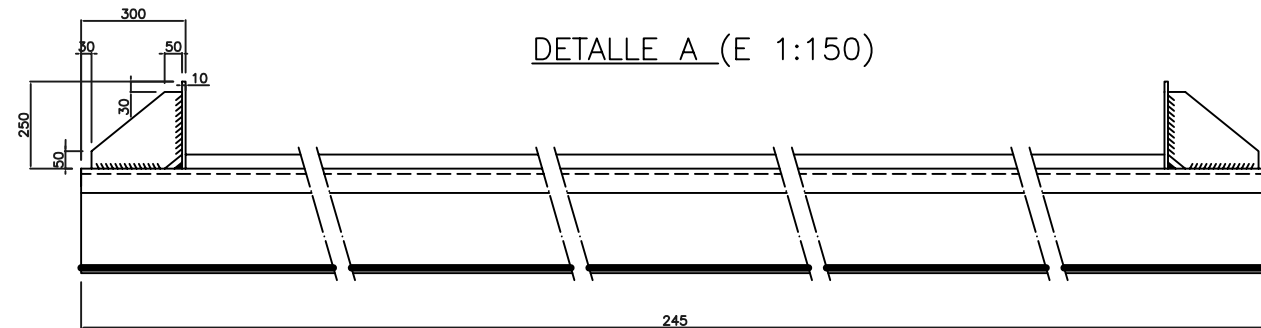
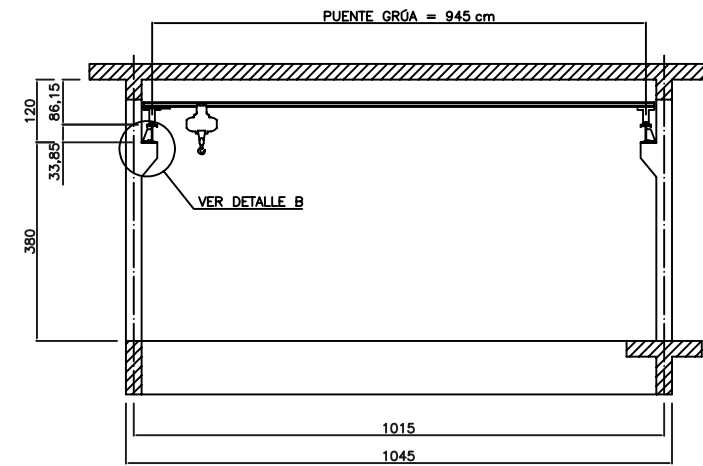
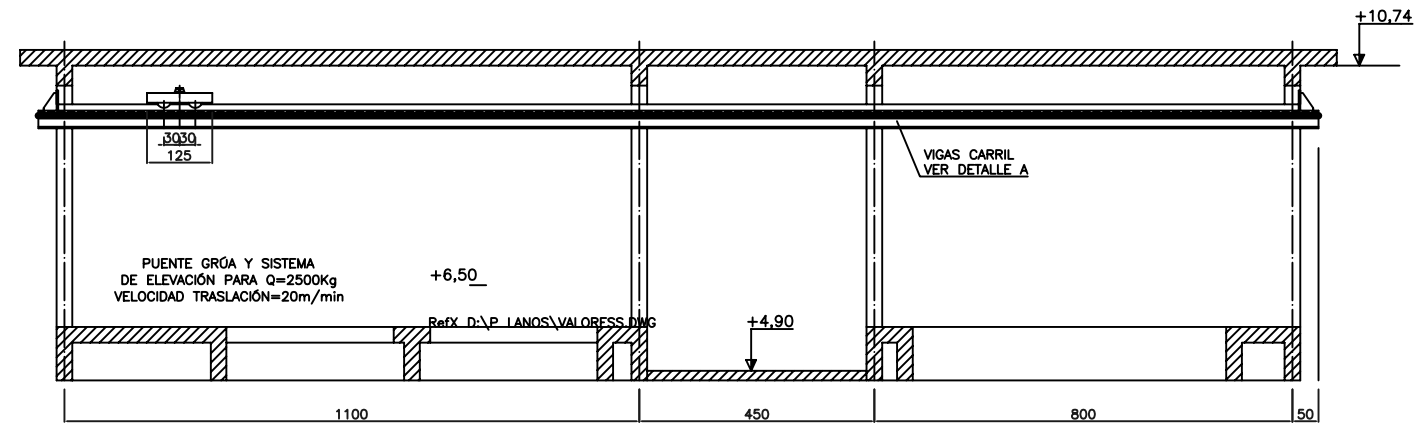
FECHA: JUNIO 2005

SALA PREDESABASTE ANTES DE LAS  
MODIFICACIONES

ESCALA: 1:150

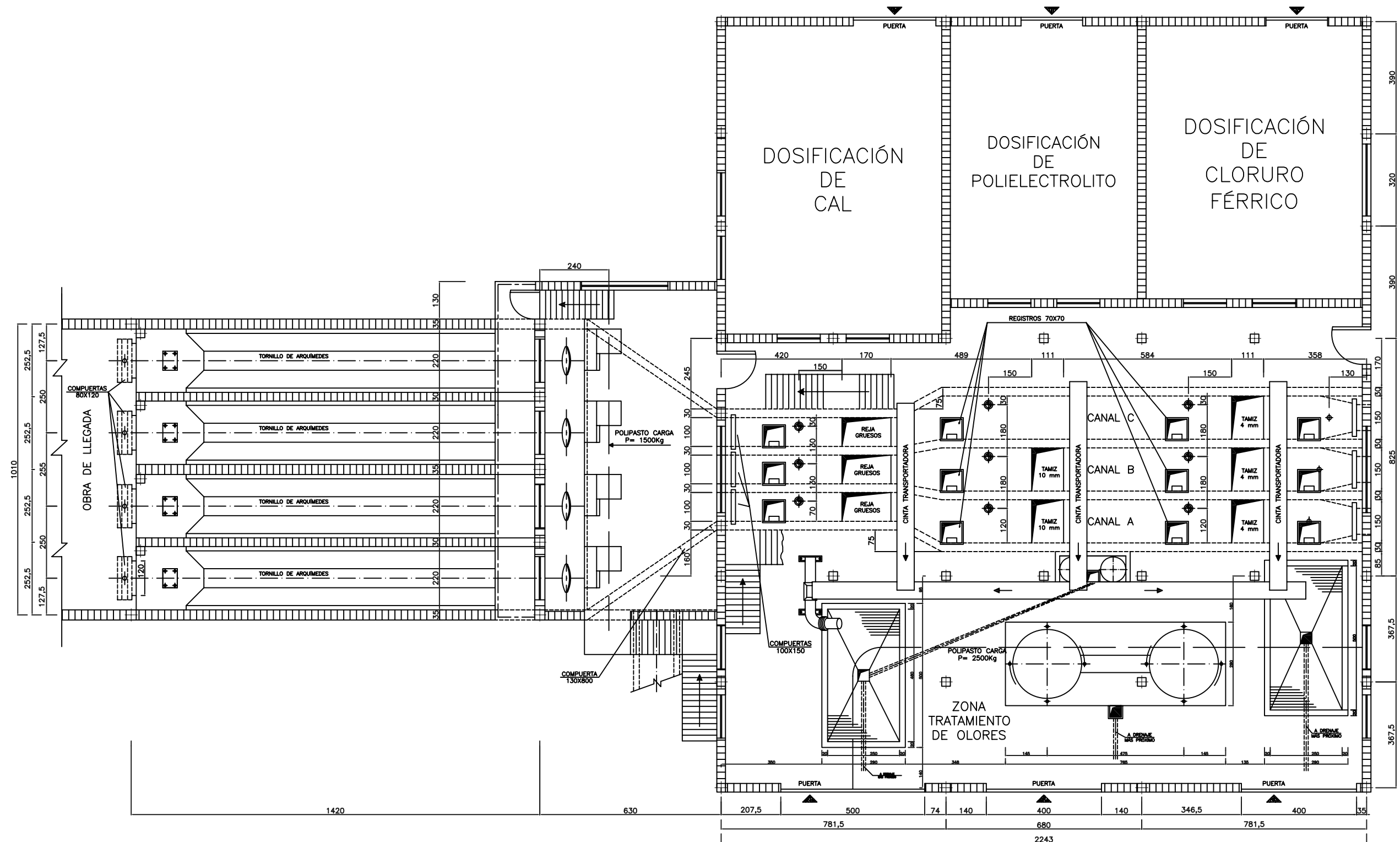
FRANCISCO JAVIER MOZO CÁLIZ

Nº PLANO:  
02



NOTA:  
 COTAS GENERALES EN cm.  
 DETALLES EN mm.  
 COTAS DE NIVEL EN mts.

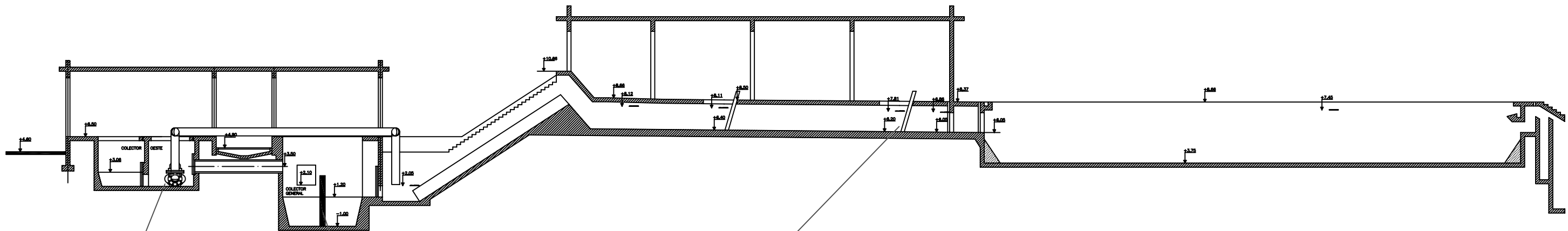
PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA	FECHA: JUNIO 2005
PUEBTE GRÚA PREDESBASTE	ESCALA: 1:100
FRANCISCO JAVIER MOZO CÁLIZ	N° PLANO: 03



NOTA:  
COTAS EN cm.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA		FECHA: JUNIO 2005	
SALA DESBASTE ANTES DE LAS MODIFICACIONES		ESCALA: 1:100	
FRANCISCO JAVIER MOZO CÁLIZ		Nº PLANO: 04	



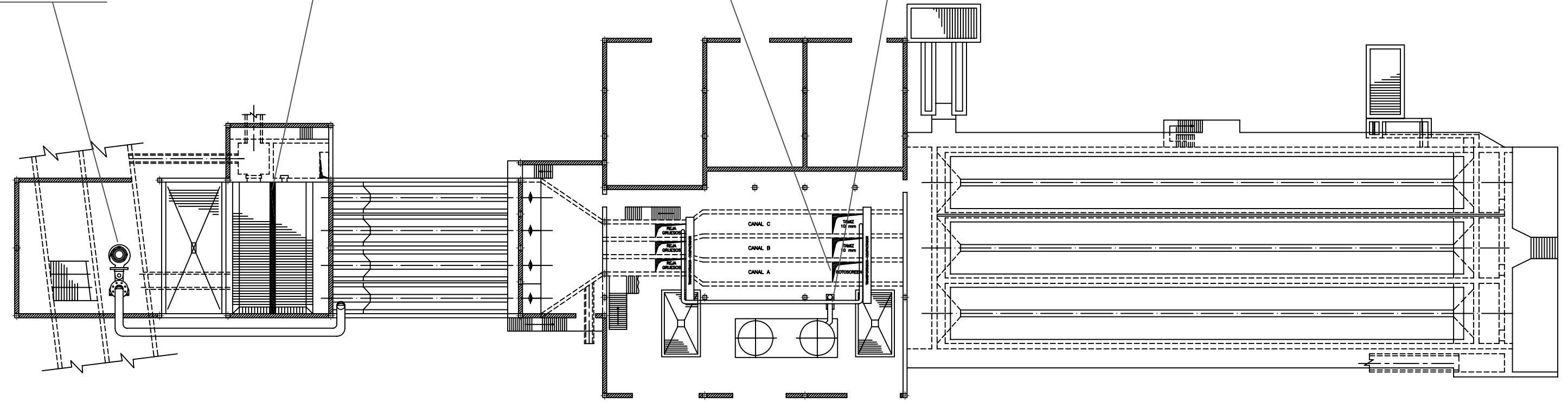


BOMBA SUMERGIBLE

MURO HORMIGÓN

TAMIZ AUTOLIMPIANTE  
3 mm

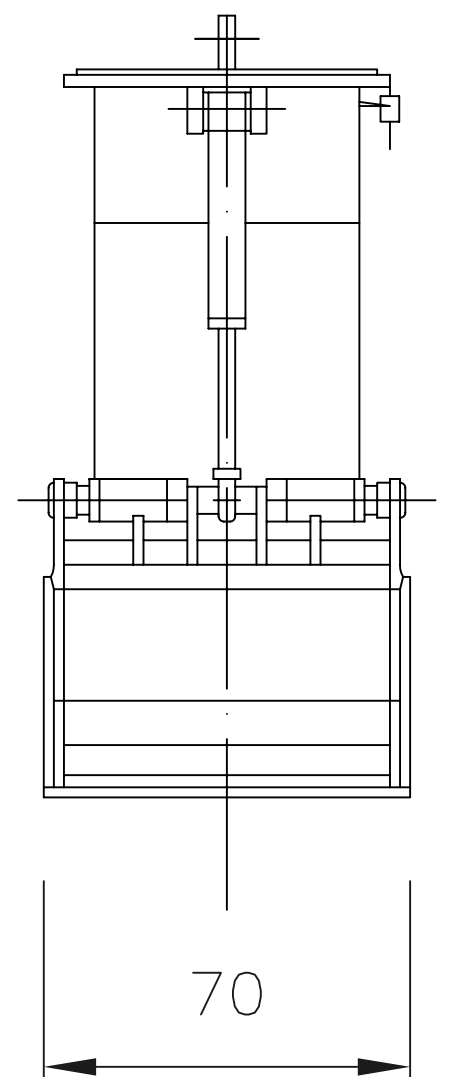
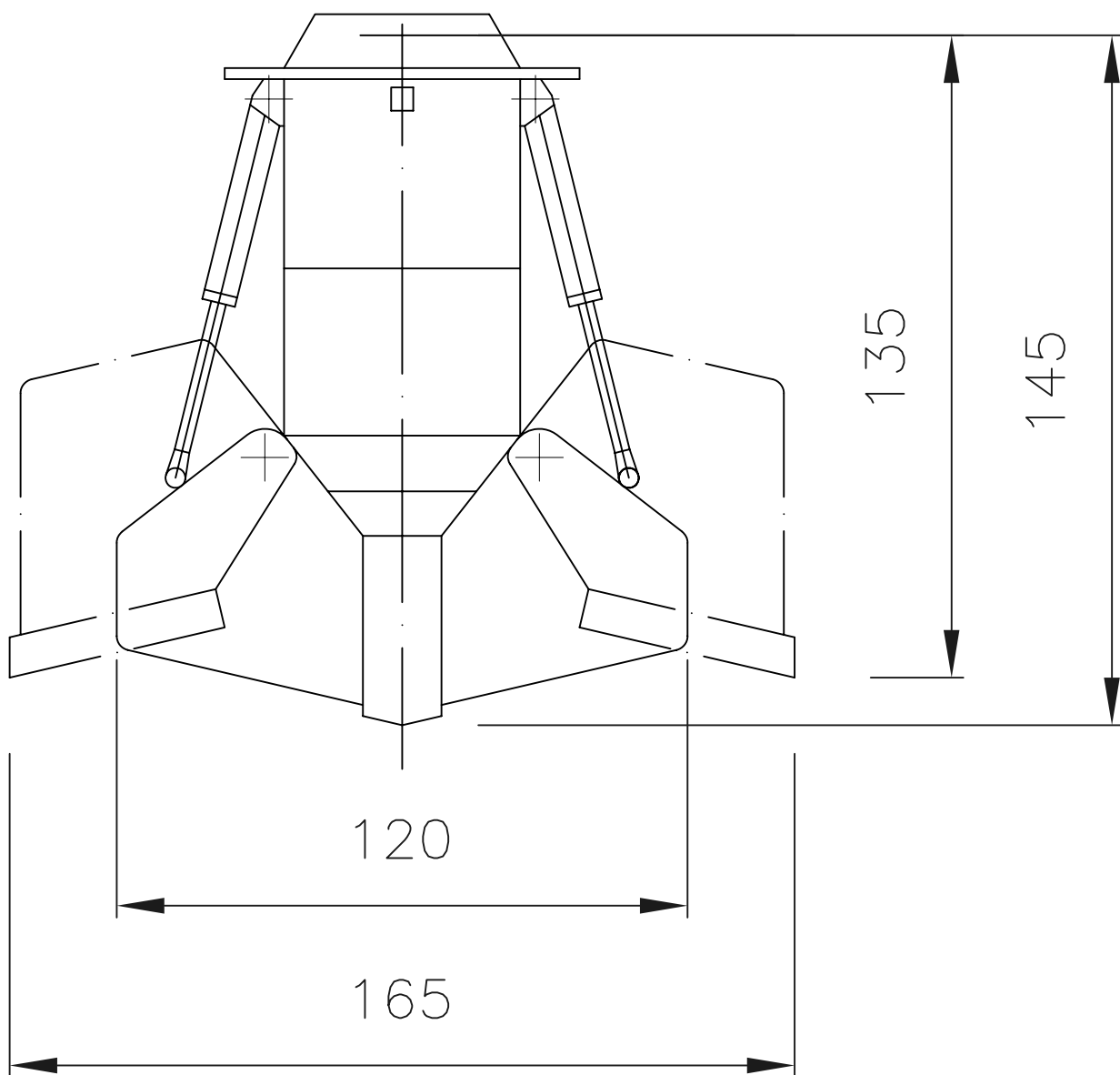
SISTEMA EXTRACCIÓN  
LOCALIZADA



NOTA:  
COTAS GENERALES EN cm.  
COTAS DE NIVEL EN mts.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA	FECHA: JUNIO 2005
PRETRATAMIENTO DESPUÉS DE LAS MODIFICACIONES	ESCALA: 1:150
FRANCISCO JAVIER MOZO CÁLIZ	Nº PLANO: 05





NOTA:  
COTAS EN cm.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO  
EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA

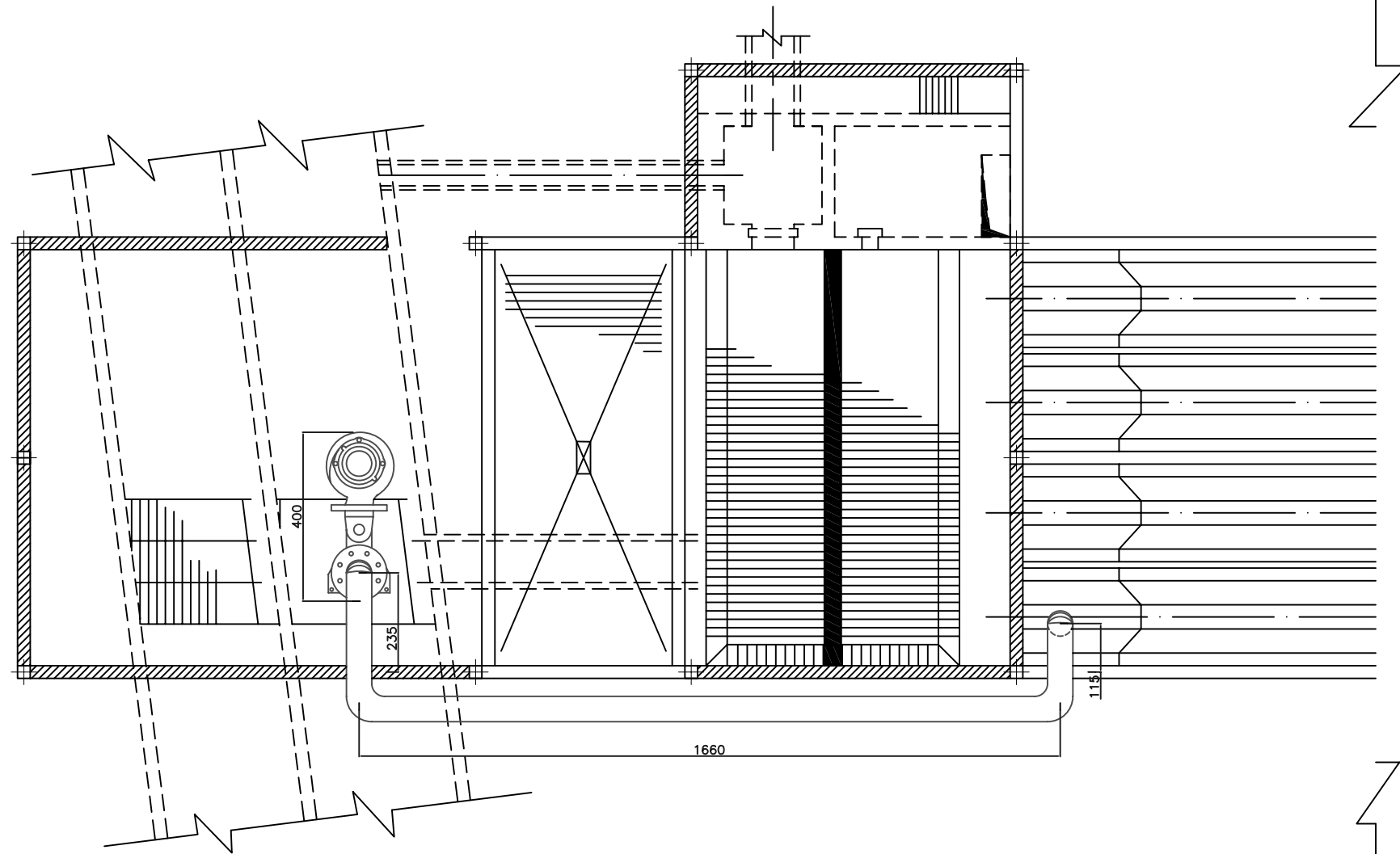
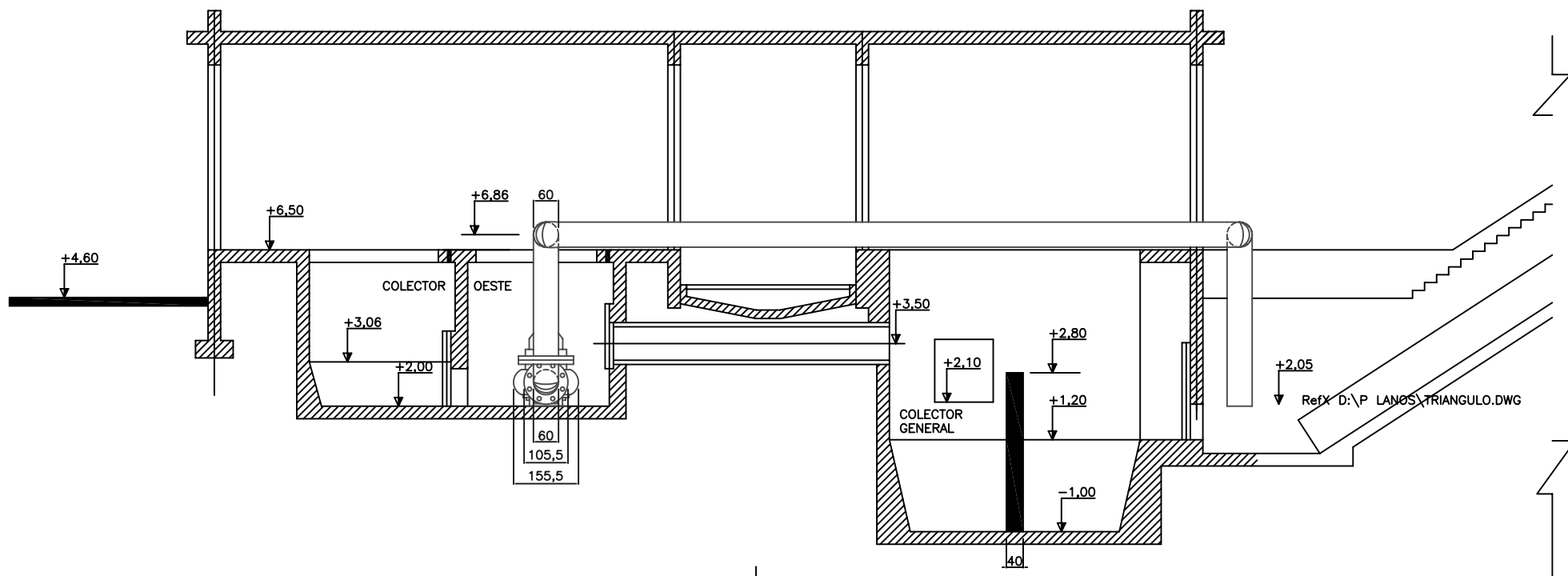
FECHA: JUNIO 2005

SALA DESBASTE TRAS MODIFICACIONES

ESCALA: 1:20

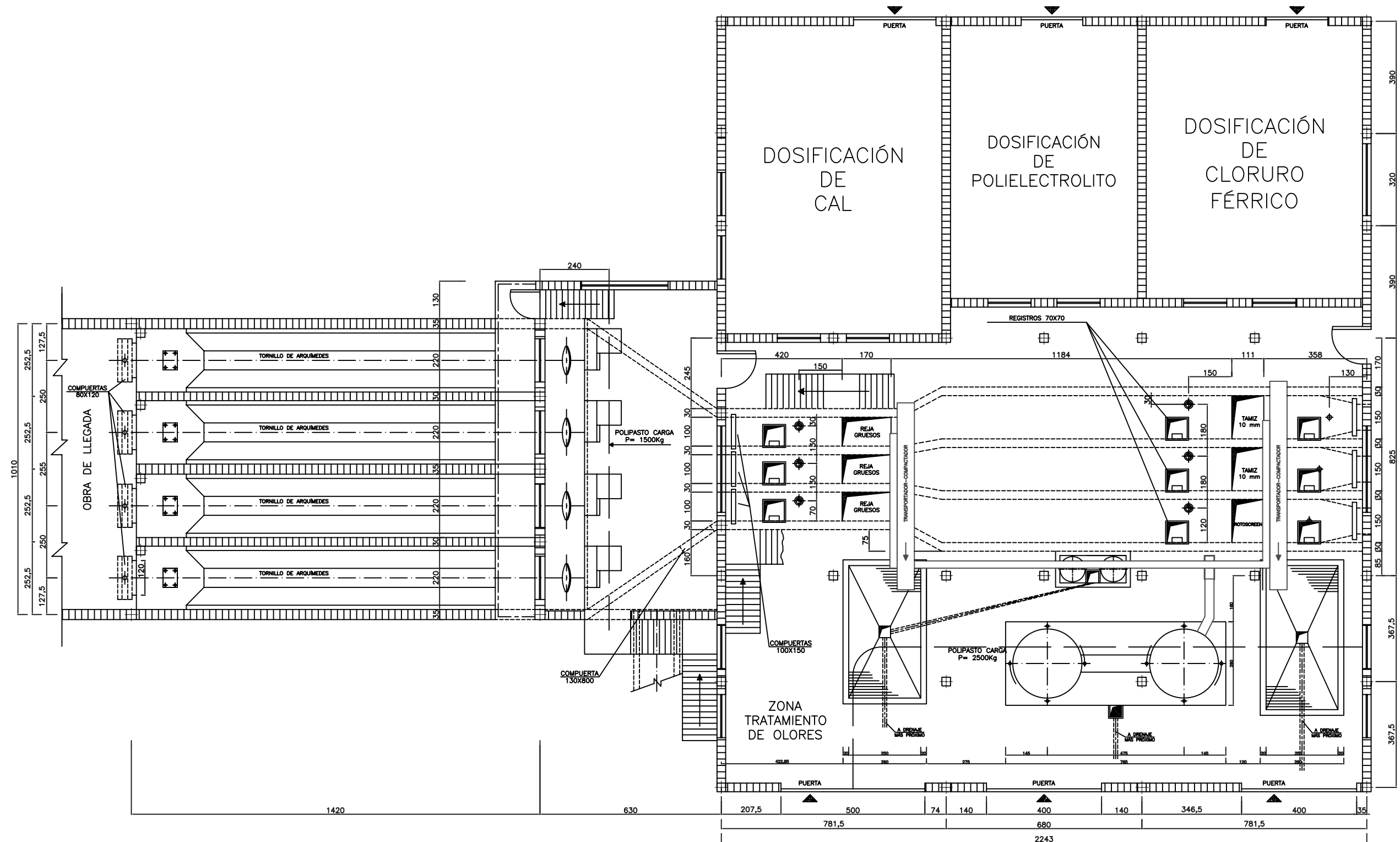
FRANCISCO JAVIER MOZO CÁLIZ

Nº PLANO:  
07



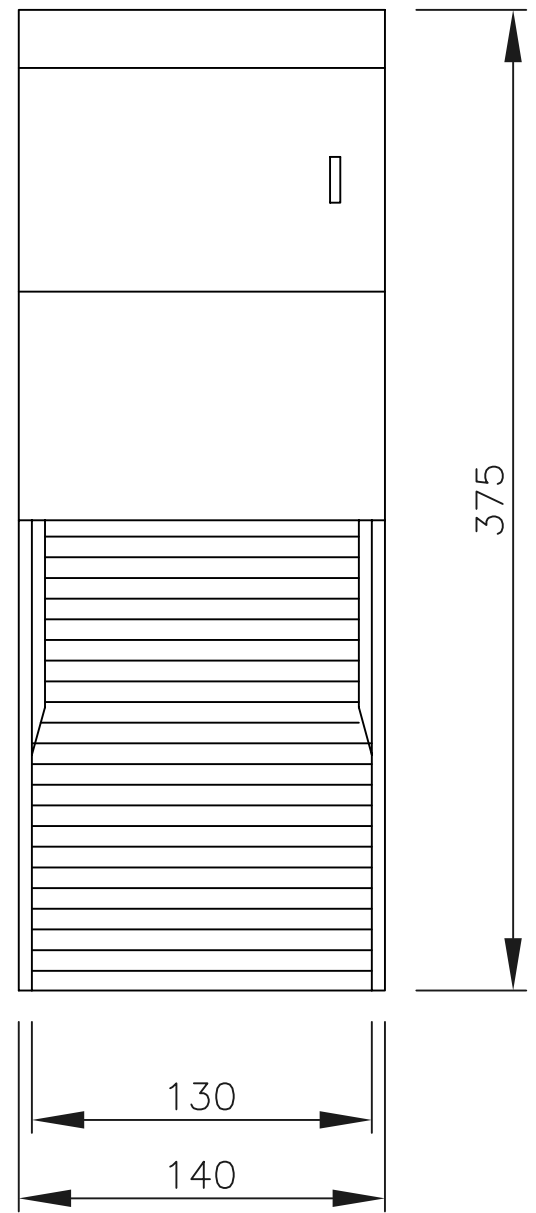
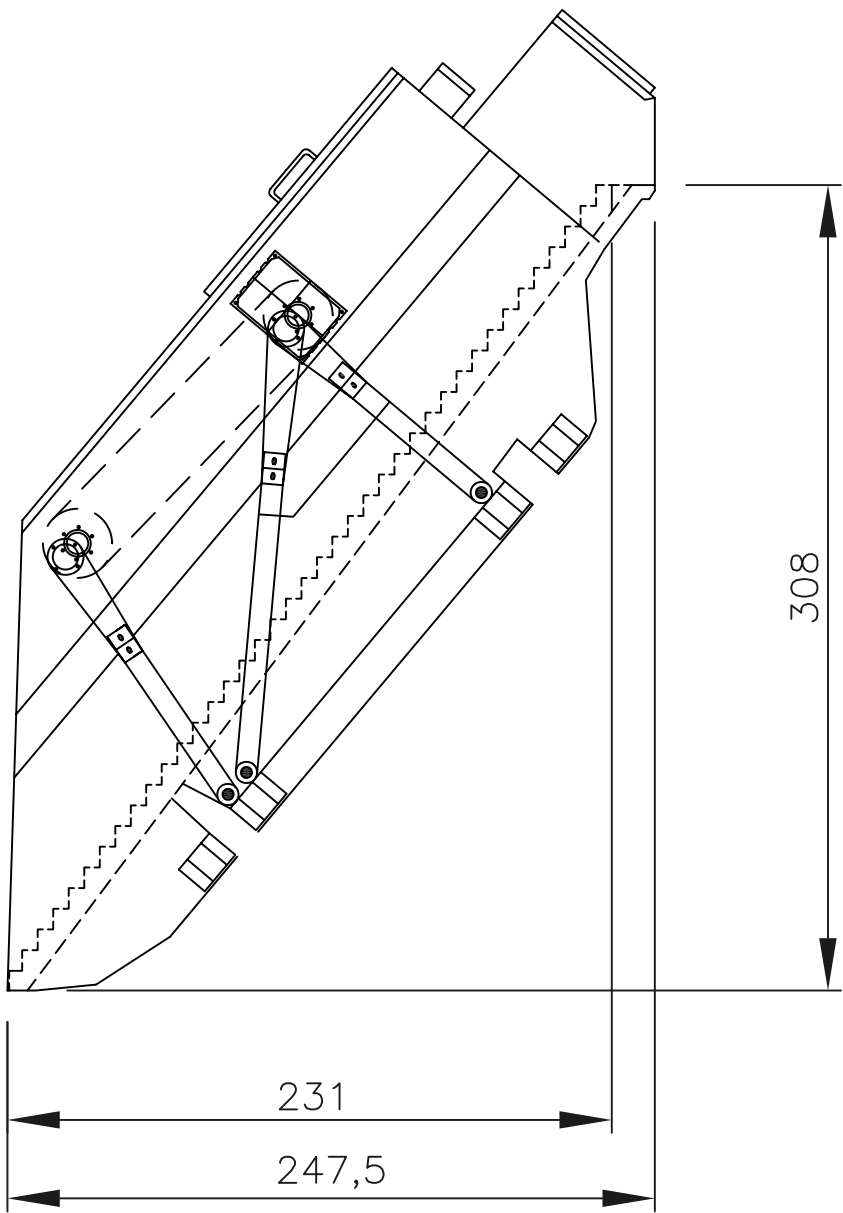
NOTA:  
 COTAS GENERALES EN cm.  
 COTAS DE NIVEL EN mts.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA	FECHA: JUNIO 2005
BOMBA SUMERGIBLE PARA SALA PREDESBASTE	ESCALA: 1:100
FRANCISCO JAVIER MOZO CÁLIZ	Nº PLANO: 08



NOTA:  
COTAS EN cm.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA		FECHA: JUNIO 2005	
SALA DESBASTE TRAS LAS MODIFICACIONES		ESCALA: 1:100	
FRANCISCO JAVIER MOZO CÁLIZ		Nº PLANO: 09	



NOTA:  
COTAS EN cm.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO  
EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA

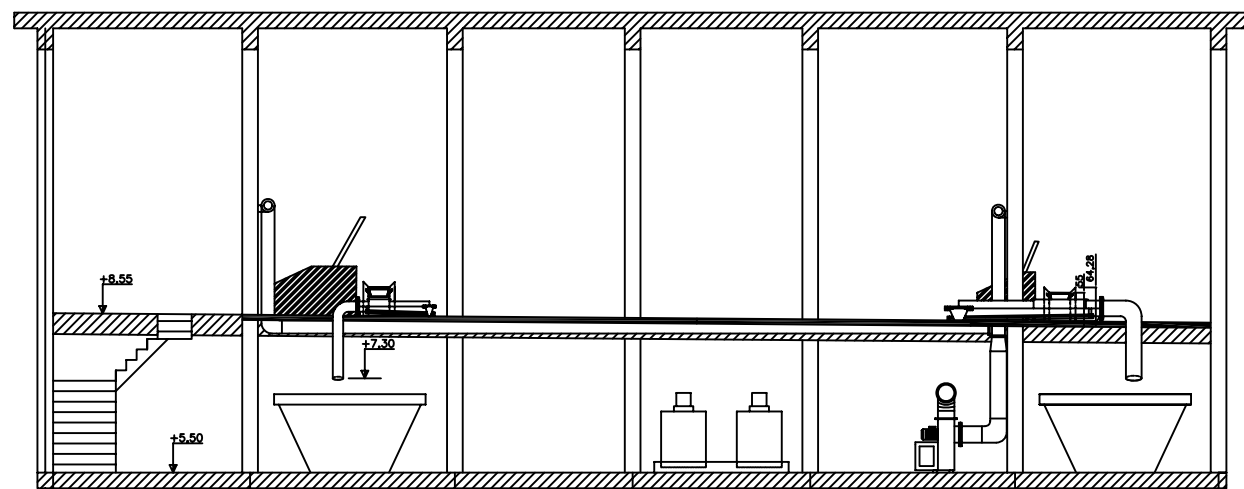
FECHA: JUNIO 2005

TAMIZ DE ESCALERA AUTOLIMPIANTE

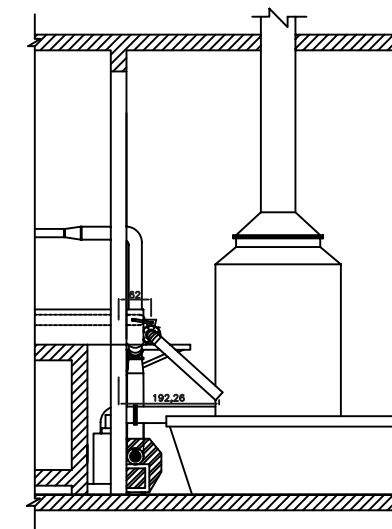
ESCALA: 1:40

FRANCISCO JAVIER MOZO CÁLIZ

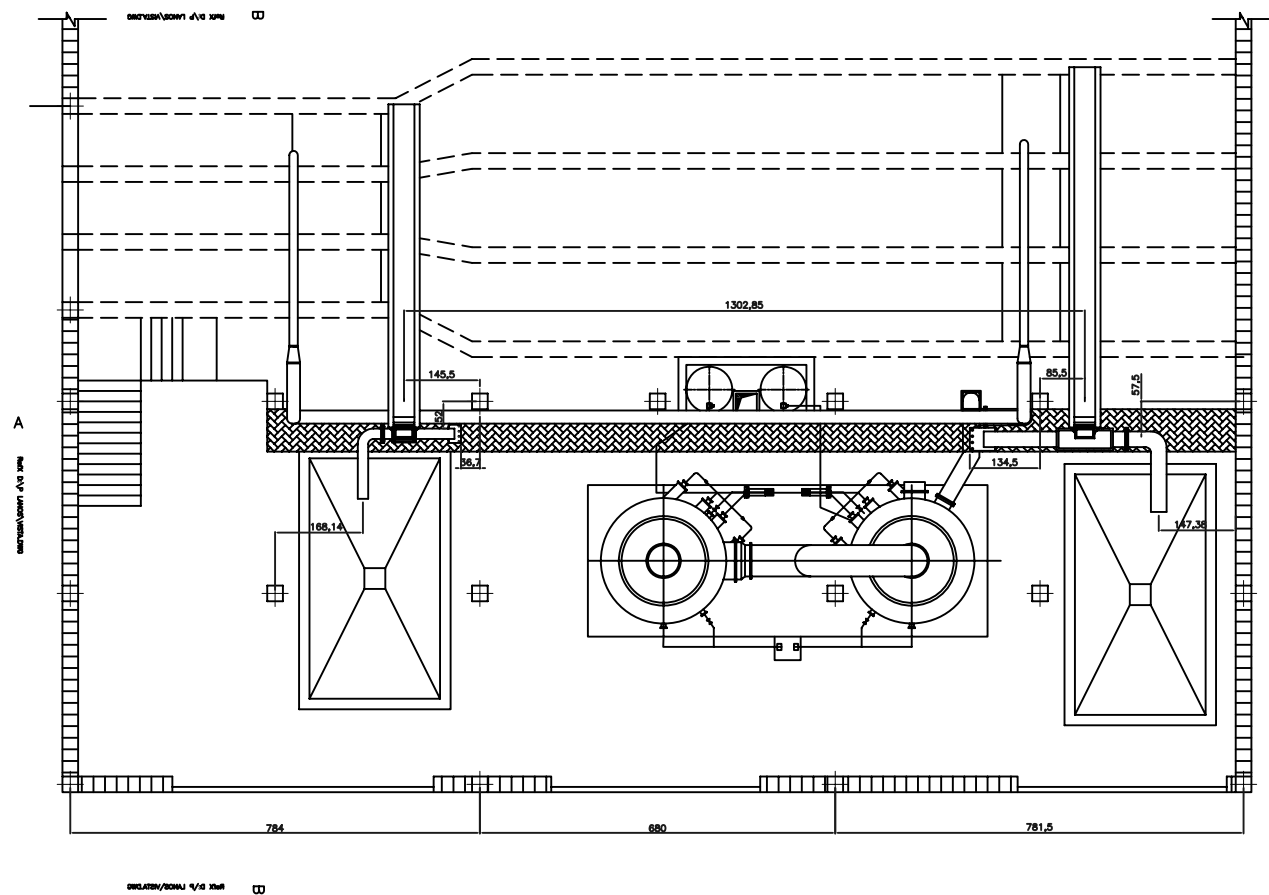
Nº PLANO:  
10



SECCIÓN A-A

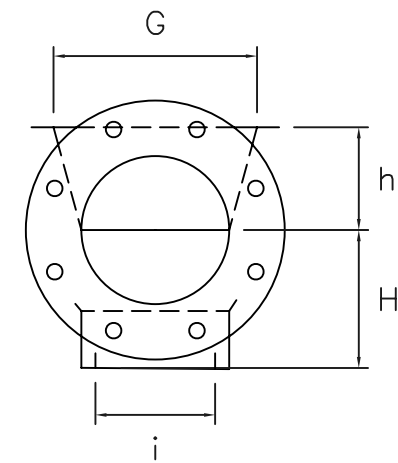
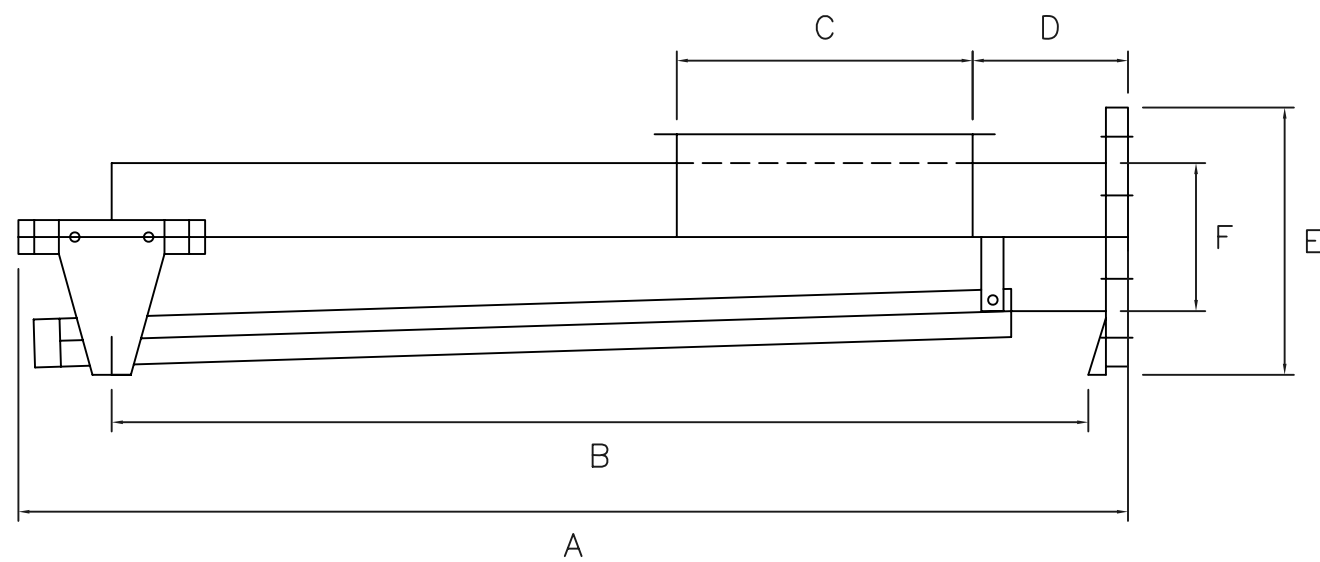


SECCIÓN B-B



NOTA:  
COTAS GENERALES EN cm.  
COTAS DE NIVEL EM mts.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA	FECHA: JUNIO 2005
PRENSAS TRANSPORTADORAS	ESCALA: 1:100
FRANCISCO JAVIER MOZO CÁLIZ	Nº PLANO: 11



NOTA:  
COTAS EN cm.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO  
EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA

FECHA: JUNIO 2005

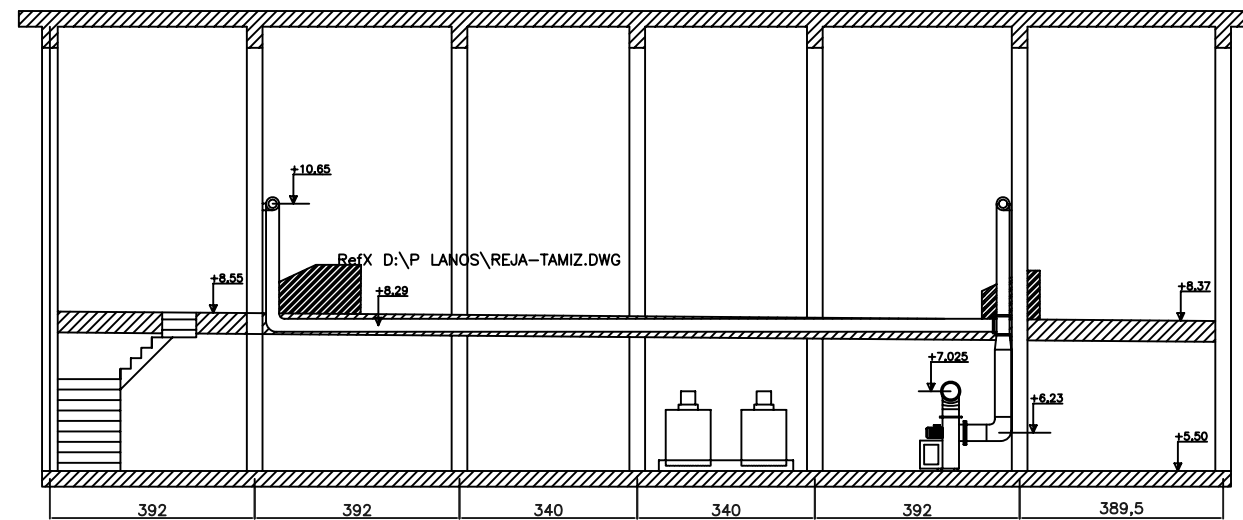
PRENSAS TRANSPORTADORAS. DIMENSIONES

ESCALA: 1:10

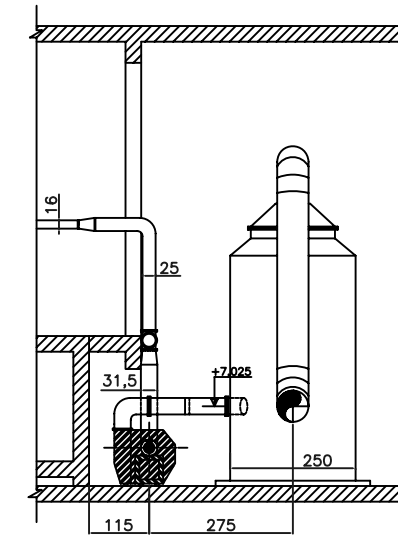
FRANCISCO JAVIER MOZO CÁLIZ

Nº PLANO:  
12

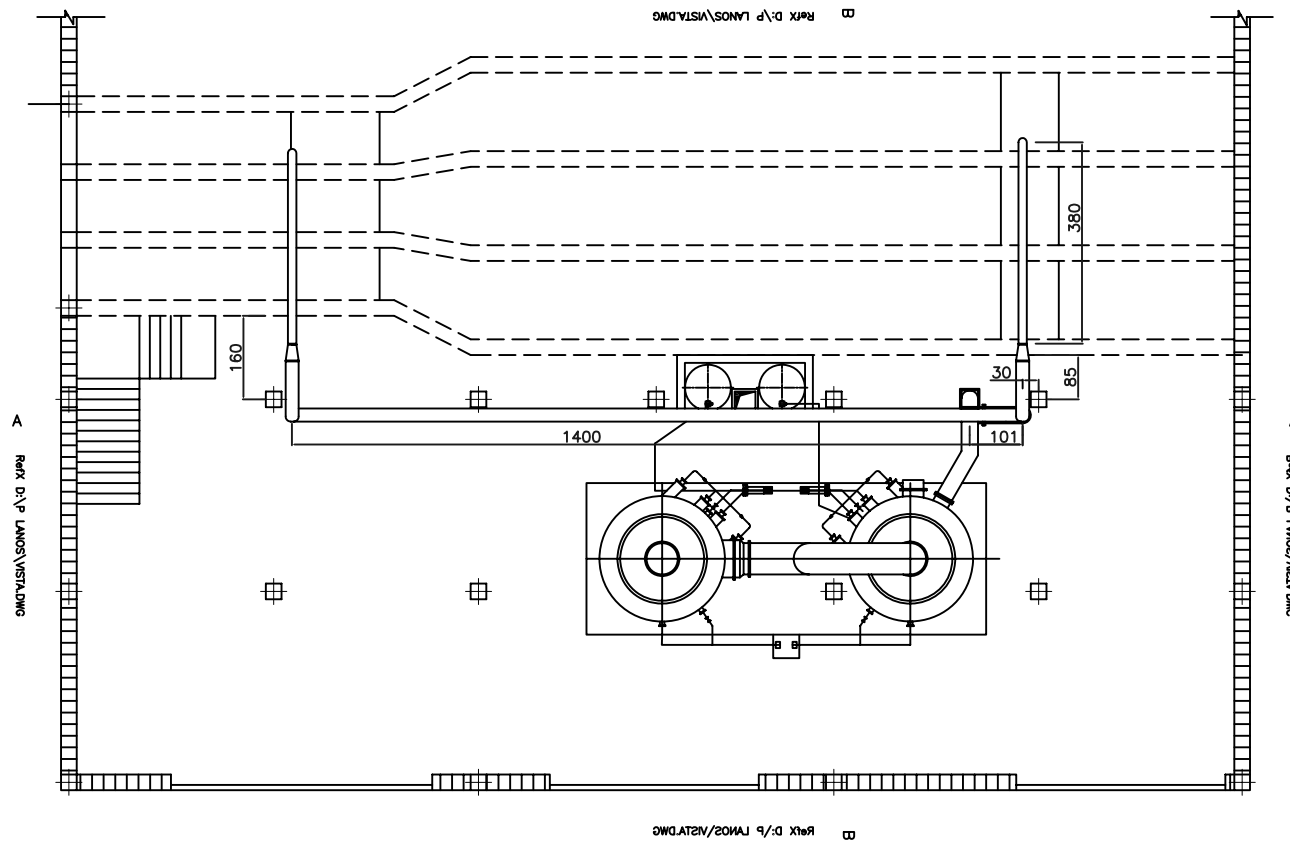




SECCIÓN A-A



SECCIÓN B-B



NOTA:

COTAS GENERALES EN cm.  
COTAS DE NIVEL EN mts.

PROYECTO: MODIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO  
EN LA E.D.A.R. "GUADALETE" DE JEREZ DE LA FRONTERA

FECHA: JUNIO 2005

SISTEMA DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA

ESCALA: 1:100

FRANCISCO JAVIER MOZO CÁLIZ

Nº PLANO:  
13

