

Universidad de **Cádiz**

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

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: INGENIERÍA BÁSICA DE UNA PLANTA  
DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS TIPO  
MARPOL

Autor: Gonzalo ARCE PERNAS

Fecha: Junio 2009





**ÍNDICE:**

**1.- MEMORIA DESCRIPTIVA**

**2.- MEMORIA DE CÁLCULO**

**3.- ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

**4.- PLIEGO DE CONDICIONES DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

**5.- PLIEGO DE CONDICIONES GENERAL**

**6.- PLANOS DE LA INSTALACIÓN**

**7.- ESTUDIO DE EXPLOTACIÓN**

**8.- PRESUPUESTO**

**9.- LEGISLACION APLICABLE**

**10.- BIBLIOGRAFIA**

## **1.- MEMORIA DESCRIPTIVA**

## ÍNDICE

<b>1.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>2.- ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.- OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2.- EL CONVENIO MARPOL .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3.- TRATAMIENTOS ACTUALES .....</b>	<b>6</b>
<b>3.- BASES DE DISEÑO.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.- CAUDAL Y CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO         A TRATAR .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2.- REQUERIMIENTOS DEL VERTIDO.....</b>	<b>18</b>
<b>4.- TRATAMIENTO PROPUESTO Y DESCRIPCIÓN DE     LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.- CONCEPTO DE OPERACIÓN DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2.- DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....</b>	<b>24</b>
<b>5.- OBRA CIVIL .....</b>	<b>32</b>

## **1.- INTRODUCCION.**

El proyecto desarrolla un sistema de tratamiento propuesto para los residuos tipo MARPOL-Anexo I tipos B y C, que se producen en las sentinas de los barcos. Los residuos tipo B son aquellos desechos generados por buques o residuos de carga de hidrocarburos y aguas de lastre contaminada con productos petrolíferos distintos del crudo y los residuos tipo C son los desechos generados por los buques y recogidos en las sentinas de las cámaras de máquinas o de los equipos de depuración de combustible y aceites de los motores.

Estos residuos no se pueden verter al mar directamente pues conllevan un riesgo ambiental, y según el convenio MARPOL se impone a los gobiernos la obligación de garantizar el montaje de los servicios e instalaciones necesarios para la recepción de residuos y mezclas oleosas procedentes de los buques de forma que estos no tengan que sufrir demoras innecesarias. Habitualmente estos residuos son recogidos y mandados directamente a un vertedero de residuos, para dar el servicio requerido por el convenio MARPOL, y que no se demore el buque en el puerto innecesariamente.

Este tratamiento tiene en cuenta las características especiales de dichos residuos y tiene como objeto alcanzar un grado máximo de depuración, para su posterior vertido al mar. Se presenta para ello un proceso en el cual previa estratificación del producto, se hace una serie de pretratamientos como son un tornillo compactador y un desengrasador, en los cuales se eliminan gran parte de los residuos, para posteriormente introducirlos en un reactor biológico que finalizará el proceso y garantizará la calidad del vertido al mar, cumpliendo con todos los parámetros de vertido establecidos previamente.

## **2.- ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO.**

### **2.1.- OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO.**

El objeto del proyecto básico es la definición de las instalaciones de tratamiento para este tipo de residuos MARPOL-Anexo I Tipo B y C, estableciendo para ello la mejor tecnología disponible para el correcto tratamiento de estos residuos, con la finalidad de obtener una calidad de vertido admisible con la legislación vigente.

Las aguas tratadas por el sistema propuesto serán vertidas al mar con lo que deberán cumplir con la actual legislación en materia de vertidos residuales, más concretamente el Decreto 14/1996, de 16 de Enero por el que se aprueba el Reglamento de Calidad de Aguas Litorales (BOJA numero 19, de 8 de febrero de 1996).

El alcance del proyecto se verá limitado al diseño de los equipos que intervienen en el proceso, aunque se indicaran algunos aspectos a tener en cuenta para llevar a cabo la obra civil de las instalaciones, para cuando se realice la misma. También está incluido un estudio básico de seguridad y salud para el montaje de la planta.

### **2.2.- EL CONVENIO MARPOL.**

A partir de una serie de catástrofes navales para el medio ambiente, como por ejemplo la del Torrey Canyon en 1967, se emprendió una reestructuración de las normas internacionales de navegación. Se adoptaron una serie de convenios en el marco de la Organización Marítima Internacional (OMI) con el fin de luchar tanto contra la contaminación accidental como contra la contaminación causada por la explotación normal, como por ejemplo la limpieza de tanques con agua del mar.

De esta forma en 1973 se adoptó un convenio que se llamó MARPOL, sobre la prevención de la contaminación ocasionada por los buques. En este convenio se tratan temas ambientales, así como la eliminación progresiva de los petroleros de casco único, por los de doble casco, o de diseño equivalente. Se estableció que a partir de 1996 no se construiría ningún petrolero de casco único y en 2015 plazo máximo se habrían eliminado todos los de este tipo. Los buques de doble casco reducen considerablemente el riesgo de contaminación, especialmente en casos de abordajes o varadas poco graves. Se han introducido nuevas medidas, conforme avanza la tecnología que hacen más fácil evitar cierto tipo de accidentes como pueden ser los sistemas de navegación por satélite.

El convenio también prevé un mayor control sobre el estado de los petroleros viejos. Conforme ha pasado el tiempo este marco legal se ha ido ampliando y completando con distintas normativas.

El inconveniente que presenta la seguridad marítima es llevar a cabo el control del cumplimiento de estas normativas. Es insuficiente para combatir estas catástrofes la normativa, porque no se cumple en todo el mundo. Algunos lugares poseen normas menos restrictivas y así la acción de la OMI se ve entorpecida por el auge de los “pabellones de conveniencia”, que consiste en registrar el buque en un país que no cumple sus obligaciones con los convenios internacionales.

El anexo I del convenio, entre otras cosas, obliga a los buques a tener un sistema de control de descargas equipados con un registro continuo, control del contenido de hidrocarburos, sistemas de limpieza de tanques, depósitos de decantación con capacidad suficiente para los residuos generados durante el lavado de tanques y equipos separadores de agua e hidrocarburos.

En cualquier caso, los buques están obligados a contar con un libro de registro donde se debe anotar cualquier descarga o fallo del sistema de vigilancia de descargas de hidrocarburos, motivo suficiente para que las autoridades de vigilancia realicen inspecciones en el próximo puerto de escala del buque.

El convenio MARPOL 73/78 también contempla las sanciones a aplicar a los buques por parte del estado de abanderamiento.

Las previsiones del convenio MARPOL 73/78 requieren que los Gobiernos Signatarios del Tratado se comprometan a asegurarse de la provisión de adecuadas instalaciones de recepción de los residuos bajo la premisa de que las operaciones de recepción no deben ocasionar demoras innecesarias en las operaciones en el Puerto de las embarcaciones.

El tipo y tamaño de las instalaciones necesarias para esta recepción de residuos depende de la particularidad de cada terminal y el no cumplimiento de estas obligaciones por parte de los Estados Miembros es una falta a los compromisos internacionales e incrementa el riesgo de las descarga ilegales por parte de los buques.

Con la aplicación del convenio la contaminación de los mares por hidrocarburos debería reducirse, siempre y cuando no se antepongan los resultados económicos a la contaminación del mar y exista una labor de seguimiento y sanción por parte de los distintos estados.

Así, la regla 12 del anexo I del Convenio internacional para prevenir la contaminación por buques de 1973, y su protocolo de 1978, ratificados por España mediante Instrumento de 22 de junio de 1984 (RCL 1984/2452 y ApNDL 8627), impone a los gobiernos contratantes la obligación de garantizar el montaje de los servicios e instalaciones necesarios para la recepción de residuos y mezclas oleosas procedentes de los buques de forma que estos no tengan que sufrir demoras innecesarias.

Los residuos oleosos más comunes de los buques son; residuos de fuel, aguas oleosas de las sentinas de los buques, lodos de aceites y fuel, aceites lubricantes usados, agua sucia oleosa de lastre, aguas oleosas por lavado de tanques.

El proyecto planteado se refiere a los residuos MARPOL-Anexo I, tipos B y C, procedentes de los buques. Cada anexo se dedica a regulación de un tipo de polución.

Los residuos tipo B son aquellos desechos generados por buques o residuos de carga de hidrocarburos y aguas de lastre contaminada con productos petrolíferos distintos del crudo.

Los residuos tipo C son los desechos generados por los buques y recogidos en las sentinas de las cámaras de máquinas o de los equipos de depuración de combustible y aceites de los motores.

Todos los buques tienen este tipo de residuos en mayor o menor proporción.

Las causas más frecuentes que impulsan a realizar descargas ilegales al mar:

- Falta de instalaciones de recepción en los puertos.
- Retrasos importantes en la recepción de los residuos y por lo tanto demoras en el giro de los buques.
- Altos costos para el uso de las instalaciones
- Mal estado de operación de los separadores de agua/aceite a bordo.
- Falta de información de la disponibilidad de instalaciones adecuadas.

## **2.3.- TRATAMIENTOS ACTUALES.**

### **2.3.1.- TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

El tratamiento habitual que se suele hacer de las aguas residuales (o agua residual, doméstica o industrial, etc.) incorpora procesos físicos químicos y biológicos, los cuales tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos introducidos por el uso humano cotidiano del agua. El objetivo del tratamiento es producir agua ya limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente, y un residuo sólido o fango también convenientes para los futuros propósitos o recursos.

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Esto puede ser tratado dentro del sitio en el cual es generado (por ejemplo: tanques sépticos u otros medios de depuración) o recogido y llevado mediante una red de tuberías y eventualmente bombas a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para coleccionar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetos a regulaciones y estándares (regulaciones y controles). Recursos industriales de aguas residuales, a menudo requieren procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales es alcanzado por la separación física inicial de sólidos de la corriente de aguas domésticas o industriales, seguido por la conversión progresiva de materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida, el agua tratada puede experimentar una desinfección adicional mediante procesos físicos o químicos. Este efluente final puede ser descargado o reintroducidos de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial o subsuelo) etc. Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

Estos procesos de tratamiento son típicamente referidos a un:

- Tratamiento primario (asentamiento de sólidos)

El tratamiento primario es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria, de ahí conocido también como tratamiento mecánico.

- Tratamiento secundario (tratamiento biológico de sólidos flotantes y sedimentados)

El tratamiento secundario es designado para substancialmente degradar el contenido biológico de las aguas residuales que se derivan de la basura humana, basura de comida, jabones y detergentes. La mayoría de las plantas municipales e industriales

trata el licor de las aguas residuales usando procesos biológicos aeróbicos. Para que sea efectivo el proceso biótico, requiere oxígeno y un sustrato en el cual vivir. Hay un número de maneras en la cual esto está hecho. En todos estos métodos, las bacterias y los protozoarios consumen contaminantes orgánicos solubles biodegradables (por ejemplo: azúcares, grasas, moléculas de carbón orgánico, etc.) y unen muchas de las pocas fracciones solubles en partículas de flóculo. Los sistemas de tratamiento secundario son clasificados como película fija o crecimiento suspendido. En los sistemas fijos de película –como los filtros de roca- la biomasa crece en el medio y el agua residual pasa a través de él. En el sistema de crecimiento suspendido –como fangos activos- la biomasa está bien combinada con las aguas residuales. Típicamente, los sistemas fijos de película requieren superficies más pequeñas que para un sistema suspendido equivalente del crecimiento, sin embargo, los sistemas de crecimiento suspendido son más capaces ante choques en el cargamento biológico y provee cantidades más altas del retiro para el DBO y los sólidos suspendidos que sistemas fijados de película.

- Tratamiento terciario (pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección)

El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.) Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente.



Estación depuradora de aguas residuales en el río Ripoll, en el municipio de Castellar del Vallés.

### **2.3.2.- TRATAMIENTO DE RESIDUOS MARPOL.**

Actualmente existen distintos puertos que disponen del Servicio Marpol a los buques, que forman parte de un programa sectorial de instalaciones de recepción cuyo objetivo es dotar a todos los puertos comerciales, pesqueros y deportivos de este necesario servicio; en la actualidad existe Servicio Marpol en 39 puertos del litoral peninsular e insular.

Las instalaciones Marpol de recepción son factorías cuya actividad es la recepción y almacenaje de residuos, sometiéndolos a tratamientos específicos con el fin de recuperar los residuos aprovechables, destruyendo aquéllos que no lo son, bajo unos controles exhaustivos.

Existen distintos tipos de instalaciones de recepción según el tipo de residuos que tratan, por tanto hay instalaciones que reciben exclusivamente aceites usados y aguas oleosas, otras reciben basuras sólidas y otras cuya actividad se centra en la recepción y tratamiento de aguas contaminadas procedentes de los servicios sanitarios de los buques.

Las Instalaciones Marpol de recepción han de someterse al control de cuatro organismos que velan por que el servicio prestado y el destino de los residuos sea el adecuado.

La Dirección General de la Marina Mercante, a través de las Capitanías Marítimas, comprueba en cada puerto que la instalación disponga de los medios de recogida adecuados y que el servicio se preste a los buques con profesionalidad, rapidez y limpieza.

Las Autoridades Medioambientales de cada Comunidad Autónoma vigilan que los residuos recogidos se transporten con garantías suficientes y que reciban el adecuado tratamiento hasta su reciclado o destrucción. Las Autoridades Portuarias de cada puerto donde la instalación Marpol preste su servicio, establecen un "pliego de condiciones técnicas" que dicha instalación ha de cumplir para poder ejercer su actividad en el dominio público portuario.

Finalmente, la Comisión Marpol, creada mediante el Real Decreto 438/94 antes mencionado, es el órgano coordinador entre las distintas Administraciones Públicas y dictamina si la instalación cumple con los fines del Programa Sectorial de Instalaciones de Recepción.

No existe actualmente un consenso claro en cuanto a la forma más eficiente de tratar los residuos MARPOL. Según al tipo de buques al que se le dé servicio y los residuos que estos produzcan, así como la antigüedad del buque hacen que tengan una composición u otra. También varía mucho el residuo MARPOL según el tipo especificado del mismo. Difieren mucho entre si las diversas sustancias comprendidas en el convenio MARPOL, con lo cual cada tratamiento según hacia donde este encaminado optará por unas soluciones u otras. El tratamiento habitual que se suele hacer a este tipo de residuos depende de su composición, como se ha mencionado, a las aguas de sentina es habitual inertizarlas en balsas mediante adición de tierras absorbentes y cal, y las aguas grises suelen llevarse a depuradoras, para su tratamiento.

A continuación se exponen algunas de las alternativas que existen actualmente en funcionamiento:

**Planta MARPOL en Asturias:**

Realiza actualmente un programa de tratamiento de los residuos consistente en reducir el contenido en humedad, hasta que una vez por debajo del 10% y confirmada la ausencia de PCB (aceite dieléctrico utilizado en el pasado en los transformadores eléctricos, cuyo uso está prohibido actualmente), se puedan gestionar como aceite.

Esto se consigue sometiendo los residuos a un tratamiento térmico que permite romper las emulsiones aceite-agua, de forma que se separan 3 fases: aceite con menos del 10% de agua, agua con trazas de aceite, y lodos. Posteriormente el agua la envían a una planta de tratamiento que llevará a cabo una lixiviación y los lodos generados son enviados a otra planta destinada a solidificar y estabilizar los lodos.

La planta de tratamiento térmico que separa los residuos MARPOL, también es utilizada para aprovechar los residuos de aceites cuya humedad se encuentra por encima del 10%.

**Planta MARPOL Westfalia separator mineraloil systems (Alemania):**

El aceite MARPOL recibido por la planta, gracias a un tratamiento, puede aprovecharse como combustible, ahorrándose así recursos naturales, esta planta recoge principalmente aceites MARPOL. La medida de reciclado comprende la separación del agua y los sólidos para asegurar un alto valor calorífico.

La tecnología empleada para esta tarea es la de separación centrífuga. El agua y los sólidos se pueden eliminar de forma eficiente mediante una serie de decantadores y de centrífugas de limpieza automática.

El aceite MARPOL centrifugado puede venderse y el volumen de residuos a eliminar se reduce considerablemente.

Aparte de los aceites MARPOL esta planta alemana también trata de forma eficiente aceites usados, las emulsiones usadas o las mezclas oleosas.

### **Planta MARPOL en Fene:**

La planta MARPOL de Fene realiza tareas de recepción de residuos, procedentes de los buques que van a realizar tareas de reparación en las instalaciones de los astilleros de Ferrol.

Esta planta debería ser la más parecida la que se pretende diseñar en el presente proyecto, pero lo estricto de la normativa de la Junta de Andalucía, frente a la de la Xunta de Galicia, hacen que las instalaciones que presenta esta planta sean un ejemplo más de las instalaciones actualmente en funcionamiento y no un ejemplo a seguir debido a que esta planta en Andalucía no cumpliría los requisitos de vertidos al mar.

La planta de Fene, se compone de unos varios depósitos de almacenamiento, de gran capacidad, y algunos previos a la entrada del proceso de pequeño tamaño para darle alimento al sistema. El tratamiento empleado consiste tan solo en 2 centrifugas colocadas en serie que separan el aceite del agua, almacenando por un lado el aceite y por el otro el agua tratada, antes de verterla a la ría.

### **Planta MARPOL de Algeciras:**

La planta de tratamiento de residuos MARPOL situada en Algeciras es la de mayor capacidad de tratamiento en España, concretamente trata el 65% de los residuos MARPOL. Esta planta en los últimos años ha tratado del orden de 44.000 toneladas de residuos oleosos, más unas 15.000 toneladas de residuos sólidos.

Es la única empresa autorizada para los Puertos de Algeciras, Almería, Motril, Carboneras, Málaga, Cádiz, Sevilla y Huelva por Puertos del Estado y Dirección General de la Marina Mercante. Lo cual hace que tenga esa carga de trabajo tan elevada.

La elevada carga de trabajo de esta planta hace pensar que la colocación de una planta MARPOL en el puerto de Cádiz, pueda aliviar parte de esa gran cantidad de tratamiento anual, y dar mejor servicio a los buques en Cádiz.



### **3.- BASES DE DISEÑO.**

En este apartado se definirán las bases para el diseño del tratamiento en las que se tienen en cuenta las características del vertido en cuanto a caudal y parámetros de la sustancia a tratar y los requerimientos legales a cumplir en el agua sometida al tratamiento.

Los vertidos se generan de forma puntual, una vez que el barco correspondiente descarga las sentinas en el puerto. Estas descargas se van a producir de forma un tanto estacional (no todo el año por igual), ya que la mayor parte del servicio será dado a buques de guerra que entren a reparar al astillero, y teniendo en cuenta que habrá periodos con más y menos necesidad de reparaciones, debido a estas circunstancias se ha previsto la instalación de unos grandes depósitos de almacenamiento, los cuales van a permitir amortiguar las cargas y establecer el régimen de trabajo que se considere necesario en cada momento.

El caudal total a tratar por la instalación será de 2.800 Tn/año, lo que supone un caudal nominal medio de aproximadamente 10 m<sup>3</sup>/día. No obstante, debido a la estacionalidad, se ha previsto un caudal nominal medio de tratamiento de 16 m<sup>3</sup>/día. De este modo, los tratamientos con más tecnología de la instalación pueden dimensionarse para pequeños caudales. De este modo se ha seleccionado un caudal medio de diseño de 1 m<sup>3</sup>/h, para la mayoría de los equipos, teniendo en cuenta que se trabajaran 16 horas al día, hace que la carga de trabajo pueda ser fácilmente tratada, con la posibilidad en caso de ser necesario de aumentar la capacidad de tratamiento anual, en caso de necesidad.

En la siguiente tabla se observa el dimensionamiento del caudal de trabajo de los distintos elementos de la instalación.

Elemento	Caudal punta diseño	Caudal nominal a tratar	Horas de funcionamiento
	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	h/día
Desbaste grueso 20 mm	10	10	1,6
Tornillo compactador	10	1	16
Desarenador-Desengrasador	2	1	16
Tratamiento biológico	2	1	16

A continuación se expone un análisis superficial de los equipos:

El desbaste de gruesos es el primer proceso que se tiene en el sistema, los camiones descargarán sus productos a su través, hacia un pozo de recepción de residuos, desde el cual se produce el bombeo hacia dos depósitos de almacenamiento. Este desbaste de gruesos recibe todo el producto a tratar en el sistema y se ha establecido un caudal de procesado alto pues el diseño del pozo está pensado para que el almacenaje de los productos a tratar se lleve a cabo en los depósitos de almacenamiento y permanezcan el menor tiempo posible en este equipo, de ahí que solo funcione 1,6 horas al día de media, valor el cual puede variar dependiendo de la cantidad de residuos recibidos por día. Con cada recepción de residuos de los buques que lleguen a las instalaciones, las bombas después del desbaste de gruesos, se pondrán en funcionamiento para conseguir vaciar el pozo sin que permanezca demasiado tiempo en el mismo, con la intención de bombearlo hacia los depósitos de almacenamiento.

El tornillo compactador, así como el desengrasador- desarenador, se ha establecido que trabajen a un caudal de 1 m<sup>3</sup> la hora, para cumplir con los 16 m<sup>3</sup>/h de tratamiento diarios, pero no habría problema para establecer un pico puntual de mas caudal, es mas están diseñados para soportar esa carga adicional. El tamiz del tornillo compactador es autolimpiante con lo cual no presentaría problemas para tratar más caudal.

La etapa más lenta del proceso es el reactor biológico. El reactor se alimenta a un caudal constante de  $1\text{ m}^3/\text{h}$ . Con un pico máximo de  $2\text{ m}^3/\text{h}$ . Si se aumenta el caudal por encima, los microorganismos no serán capaces de degradar el producto, y no se alcanzará el objetivo del reactor. Este equipo es el que nos marca los regímenes de actuación, pues es el más delicado a la hora de funcionar.

Para la caracterización de las aguas de sentinas a tratar, se han hecho unos análisis previos a aguas de la cámara de sentinas de diversos buques, de los cuales se han tomado varias muestras, y las cuales se han llevado a un laboratorio para obtener los resultados listados a continuación. Las muestras de cada uno de los buques implicados en la toma (Christian Maersk, Navarra, Wilmina, Romulus, British Willow, Ramfor Challenger, Amy.N) fueron de un litro y se mezclaron para reproducir el estado en el que se encontraran una vez mezclados en los tanques de almacenamiento.

A continuación se resumen los diferentes valores analíticos obtenidos:

Muestra	<i>Christian Maersk</i>	<i>Navarra</i>	<i>Wilmina</i>	<i>Romulus</i>	<i>British Willow</i>	<i>Ramfor Challenger</i>	<i>Amy.N</i>	<b>Valor medio</b>
DBO	1377	1523	1014	1290	356	500	698	<b>965</b>
SST	437	570	200	390	54	670	1	<b>331</b>
pH	8.1	7.7	7.4	7.5	7.1	7.7	7.1	<b>7.5</b>
Aceites y grasas	623	941	377	641	7	170	279	<b>434</b>
Fenoles	0.2	0.2	0.1	0.38	0.1	1.7	6.7	<b>1.34</b>
Fósforo	11	3	0.23	104	0.11	0.17	6.7	<b>17.88</b>

*Los valores de pH se expresan en unidades de pH*

*Los demás valores se expresan en mg/L*

De la tabla anterior se extraen las conclusiones para las Bases de Diseño del siguiente apartado. Como puede verse, las medias resultantes suponen una elevada concentración de materia orgánica y aceites y grasas. Esto implica una necesidad de implantar un correcto pretratamiento encaminado a la eliminación de aceites y grasas principalmente, ya que estas podrían influir negativamente en el proceso biológico. En un siguiente paso, es necesario un tratamiento biológico avanzado que permita eliminar las cargas de materia orgánica presentes en las muestras. Los parámetros no representados en el análisis de las muestras que no superan o se acercan a los valores límites de vertido, no han sido representados en la tabla, ya que se considera que son parámetros que no deben ser tratados al poder proceder a su vertido sin incumplir la legislación vigente.

Según los análisis de las muestras que con las que se está trabajando, se va a considerar que los residuos introducidos a las instalaciones tendrán unas características similares a las recogidas en la siguiente tabla. Es posible que de una muestra a otra varíen las propiedades de las muestras, pero al contar con unos depósitos de almacenamiento grandes, se pretende la normalización de las propiedades de los residuos a tratar por el sistema.

DBO	mg/L	965
SST	mg/L	330
pH		7.5
Aceites y grasas	mg/L	435
Fenoles	mg/L	1.35
Fósforo	mg/L	18

### 3.2.- REQUERIMIENTOS DEL VERTIDO.

Los límites autorizados que deberá cumplir el vertido en cuanto a parámetros generales son los que se presentan en la Tabla 2 (Decreto 14/1996 Andalucía, de 16 de enero):

Parámetro	Media mensual	Media diaria	Valor puntual
pH	5,5-9,5		
Color (1)	1:40		
Sólidos Gruesos	Ausentes		
Sólidos Flotantes	Ausentes		
Temperatura (°C)(2)	Incremento +/- 3 °		
Sólidos en Suspensión (mg/L)	300	400	500
Materia Sedimentable (ml/L)	2	3	4
DBO5 (mg/L)	300	400	500
D.Q.O. (mg/L)	450	600	750
COT (mg/L)	150	200	250
Turbidez (N.T.U.)	150	250	400
Cloro Residual Total (mg/L)	0.2	0.5	1
Aluminio (mg/L)	3	6	10
Sulfuros (mg/L)	1	2	4
Sulfitos (mg/L)	1	2	4
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> /L)	75	100	150
Aceites y grasas (mg/L)	25	40	75
Hidrocarburos no polares (mg/L)	15	20	40
Fenoles (mg/L)	3	15	15
Aldehídos (mg/L)	1	2	3
Detergentes (mg/L)	5	20	50
Nitrógeno total (mg/L)	25	-	-
Amoniaco (mg/L)	60	80	100
Fósforo total (mg/L)	40	50	60
Pesticidas (mg/L)	0.4	1.2	2.5
Toxicidad (equitox)	50	50	50
Hidrocarburos aromáticos poli cíclicos (mg/L)	0.01	0.02	0.05
Organoclorados (kg AOX/TAD)(3)	1	1	1

(1): No perceptible sobre un espesor de 10 cm, con la dilución indicada en más del 10% del valor de referencia en unidades de Co-Pt.

(2): A 100 metros del punto de vertido y 1 metro de profundidad.

(\*): Para las aguas residuales urbanas será de aplicación la directiva 91/271/CEE, del Consejo de 21 de Mayo de 1991, sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas.

(3): TAD; Tonelada de pasta pesada en seco.

## 4.- TRATAMIENTO PROPUESTO Y DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

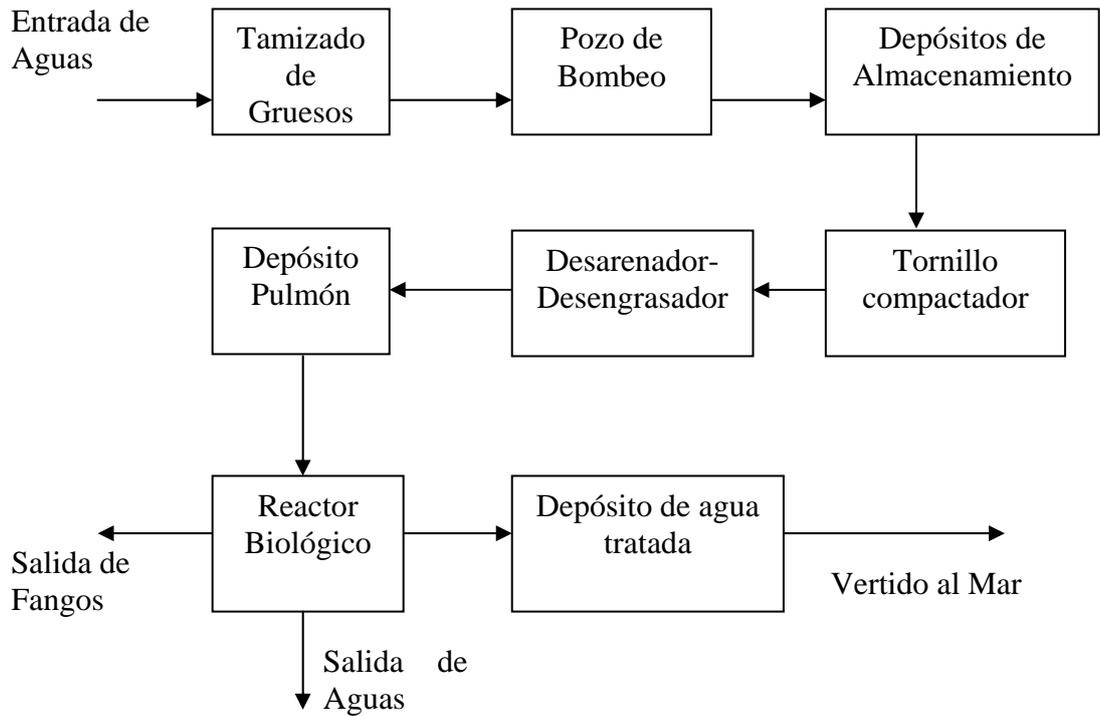
La instalación que se ha pensado tiene que eliminar principalmente sólidos en suspensión, aceites/grasas y materia orgánica (DBO), según se obtiene de los análisis de las muestras estudiadas. Para eliminar aceites y grasas se ha pensado en un pretratamiento con un desarenador- desengrasador, que a su vez elimina las arenas finas del sistema eliminando sólidos en suspensión y una pequeña cantidad de DBO, este desarenador-desengrasador, es del tipo aireado el cual conlleva una gran reducción de las grasas del sistema. El último eslabón y fundamental sería un tratamiento biológico avanzado que sea eficaz y garantice la máxima calidad de agua tratada.

Sobre la base de las características de los vertidos analizados y los datos anteriores, la planta de tratamiento constará de los siguientes procesos unitarios:

- Desbaste grueso 20 mm (capacidad para 10 m<sup>3</sup>/h)
- Bombeo (con dos bombas en paralelo, funcionando solo una) a dos depósitos de estratificación/almacenamiento de 300 m<sup>3</sup>, cada uno.
- Dos Depósitos de estratificación/almacenamiento con capacidad unitaria de 300 m<sup>3</sup>.
- Bombeo (con dos bombas en paralelo, funcionando solo una) a pretratamiento compacto.
- Pretratamiento compacto, consistente en un tornillo compactador (con rejilla de 3 mm de luz de maya y capacidad para 10m<sup>3</sup>/h)
- Desarenador-desengrasador (capacidad para 1 m<sup>3</sup>/h y con caudal punta de 2 m<sup>3</sup>/h).

- Arqueta de recepción del desarenador-desengrasador y bombeo a deposito pulmón del reactor biológico.
- Depósito pulmón previo al reactor biológico de 25 m<sup>3</sup>.
- Sistema de depuración biológico (capacidad para hasta 1 m<sup>3</sup>/h, 16h/día de funcionamiento).
- Depósito de agua tratada de 25 m<sup>3</sup>.

**Breve esquema de la instalación:**



#### **4.1.- CONCEPTO DE OPERACIÓN DE LA INSTALACIÓN.**

En el período de funcionamiento de la instalación, las necesidades de operación y mantenimiento se resumen de la siguiente forma:

##### **Desbaste de gruesos:**

El primer equipo que se encuentra en la instalación será el desbaste grueso y bombeo a depósito de estratificación, los cuales funcionan solamente en el momento en que se recibe una cisterna. El bombeo al depósito de estratificación se activará automáticamente al conseguir alcanzar un nivel predeterminado en el pozo de desbaste de gruesos, desde estas bombas se circulará el agua a tratar hacia los depósitos de almacenamiento.

##### **Depósitos de almacenamiento:**

Mediante dos depósitos de almacenamiento paralelos se pretende almacenar las aguas residuales provenientes del desbaste de gruesos y del pozo de bombeo. Estos depósitos de almacenamiento estarán provistos de diversas salidas a distintos niveles así como de swing desde la cual seleccionar la altura desde la que se quiere succionar desde dentro del depósito. Desde estos depósitos se procederá al bombeo hacia el tornillo compactador.

##### **Tornillo compactador:**

El agua llega al tornillo compactador procedente del bombeo desde los depósitos de almacenamiento. En el tornillo se procederá al tamizado de las aguas residuales, eliminando las partículas de hasta 3 mm, el resto de las aguas clarificadas, pasarán a través del tamiz del tornillo y por rebose, irán a parar al desarenador-desengrasador.

##### **Desarenador-desengrasador:**

Mediante la aireación por medio de difusores en el fondo del desarenador se procederá a la eliminación de las grasas presentes en las aguas a tratar, así

como de la eliminación de las arenas de hasta 0.2 mm de diámetro. El desarenador-desengrasador consistirá en un canal a través del cual se producirá la separación, al final del sistema, existirá una salida, que lleva las aguas hacia una arqueta desde la cual se bombean las aguas hacia un depósito, el cual hará de pulmón del reactor biológico, impidiendo que este se pueda quedar sin alimento.

### **Tratamiento biológico:**

El agua a tratar se alimenta desde el depósito pulmón y entra en el reactor biológico, en el cual se dará el tratamiento al agua. Del reactor biológico salen dos corrientes, una que es el agua clarificada y lista para su vertido y otra línea que saldrá de la purga del reactor, posterior al clarificador secundario.

El agua clarificada se bombeará hacia un depósito de almacenamiento de aguas tratadas, desde el cual se procederá al bombeo al mar, cuando sea adecuado, y la salida de las purgas contendrá una cantidad de sólidos y de aguas que serán bombeados hacia una cuba en la que se almacenaran asimismo los residuos obtenidos en el desarenador-desengrasador y el tornillo compactador, para su posterior traslado a un gestor autorizado.

### **Necesidades de operación:**

Por tratamientos, las necesidades de operación en condiciones normales serían:

- a) Desbaste grueso: revisar tras cada entrada de cisterna, y proceder si fuera necesario a la extracción de algunos gruesos.
- b) Depósito de estratificación: en función de una posible estratificación de aceites, cambiar la salida al pretratamiento compacto, pudiendo bombear aceites a un camión cisterna, para su posterior traslado a un gestor autorizado.
- c) Pretratamiento compacto: revisar periódicamente el tamiz y controlar el llenado y retirada del contenedor móvil de recogida de lodos.

- d) Desarenador-desengrasador: Cuando el equipo este parado proceder a la limpieza de las arenas del fondo del equipo.
- e) Tratamiento biológico: controlar el nivel de reactivos, supervisar el funcionamiento.

En resumen, las necesidades de operación en condiciones normales implican una dedicación media real de 2 ó 3 h/día. No obstante, todas las necesidades (supervisiones principalmente) no se pueden hacer en ese breve periodo de tiempo, por lo que implican varias veces de menos tiempo. Esto sumado a que la planta trabajará durante 16 horas al día y la necesidad de tener bajo supervisión la planta en todo momento, nos lleva a necesitar un par de operarios para poder completar realmente todos los ciclos de supervisión, lo que nos permite gracias a este margen de trabajo, tener tiempo para mantenimiento preventivo y reparaciones.

Como se ha comentado, los pretratamientos funcionan en el momento de descarga de cisterna. El tornillo compactador, y el desarenador-desengrasador funcionan conjuntamente, almacenando el producto en el depósito pulmón, durante 16 horas al día, pudiendo aumentar el caudal o disminuir el tiempo de funcionamiento según necesidades de operación. Por otro lado el reactor biológico funciona ininterrumpidamente 16h/día de lunes a viernes de forma automática. Los fines de semana la instalación se queda parada excepto la oxigenación del reactor biológico, que funciona 24h/día, los 7 días de la semana.

Los sistemas principales del sistema (tornillo compactador, desarenador-desengrasador y tratamiento biológico) funcionan en semiautomático, es decir, hay que conectar y desconectar la puesta en marcha, pero una vez en marcha funcionan en automático.

## **4.2.- DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.**

### **4.2.1.- DESBASTE GRUESO.**

El primer equipo de la instalación diseñada, es el desbaste de gruesos. Este desbaste está situado sobre el pozo de recepción de residuos, y sobre el descargarán los residuos a tratar en la instalación, los buques a los que preste servicio la planta. Estos buques descargarán el contenido de sus cámaras de sentinas y resto de productos que necesitaran tratamiento dentro de las características de la planta, de la forma más cómoda. Habitualmente la forma más cómoda es descargar estos residuos hacia un camión cisterna y desde ahí trasladar los residuos hasta la planta. En este desbaste de gruesos se tiene como principal objetivo la separación de los residuos sólidos de gran tamaño, tales como plásticos, desperdicios, trapos, papeles, etc., que puedan venir junto con los residuos líquidos a tratar.

Este desbaste se realizará con una reja de 20 mm de luz de paso con limpieza manual, la cual se realizará después de la recepción de cada camión cisterna.

### **4.2.2.- POZO DE BOMBEO A DEPÓSITO ESTRATIFICACIÓN.**

Es necesario un pozo de recepción de residuos para la llegada del producto. La llegada del producto será de forma puntual con la llegada de buques que necesiten deshacerse de sus residuos MARPOL, según marca la normativa. Los barcos descargan sus residuos a camiones que posteriormente vierten su contenido al pozo de recepción de producto, desde el cual se alimentaran los tanques de almacenamiento. El pozo de recepción debe tener una capacidad suficiente para que al descargar los camiones de producto este no rebose.

En el pozo, se dispondrá un sistema compuesto por dos bombas sumergibles para el bombeo estas aguas provenientes de los buques a los depósitos de almacenamiento, y funcionarían comandadas por los reguladores de nivel del pozo de bombeo.

#### **4.2.3.- DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO.**

Se ha considerado necesario que los depósitos de almacenamiento y estratificación estén por duplicado. Esta consideración se ha establecido para que cuando se esté trabajando con uno de los dos depósitos, el otro sirva como receptor de los nuevos residuos que vayan llegando, no teniendo que remover todo el tanque en el que se está trabajando y pudiendo conseguir por estratificación un producto a tratar un más uniforme, siendo posible, llegado el caso separar aceites de la superficie directamente, para su gestión externa, empleando para ello el swing, que no es otra cosa que una tubería desde la que se puede seleccionar la altura de vaciado del depósito.

La capacidad que se ha seleccionado para estos depósitos de almacenamiento y estratificación, es de 300 m<sup>3</sup> cada uno, fabricados en acero inoxidable.

La causa por la que se han seleccionado unos tanques tan grandes, es por la estacionalidad del trabajo, pudiendo ser que en un periodo de tiempo no se recibiese ningún buque y en cambio en otro periodo llegasen 3 o 4 juntos. Se puede suponer que las dimensiones de estos tanques son suficientes para trabajar en las condiciones más adversas en lo que a llegada de residuos se refiere.

En periodos en los que las cargas de llegada de residuos sean bajas, al tener dos depósitos se puede proceder al limpiado de los lodos acumulados en los fondos de los depósitos, sin tener que detener el funcionamiento de la planta.

#### **4.2.4.- TORNILLO COMPACTADOR.**

Se necesita un tornillo compactador que termine de hacer el tamizado necesario al producto antes de entrar en el sistema, pues los sólidos que pueda haber, entorpecerían el correcto funcionamiento de los equipos posteriores. El tornillo compactador contaría con un tamiz de 3 mm de luz de paso y contaría

con un sistema de limpieza automática, con un dispositivo compactador del residuo retenido.

El material sólido con gran contenido de agua se vierte dentro de la tolva de alimentación del equipo, y cae sobre la batea con tornillo de espiral libre de eje.

El agua es expulsada a través de orificios en la parte inferior del equipo, y luego el material comienza su recorrido hacia la zona de compactación.

El tornillo espiral, mediante una rotación lenta, mueve el material hacia la parte superior. Durante este recorrido, el material sólido continúa perdiendo su contenido de agua. Al final del recorrido, el material es comprimido y compactado contra una compuerta de salida con mecanismo de contra-presión.

En el punto de descarga, a la salida del compactador, el material sólido estrujado y seco (con contenido de humedad de 60% aproximadamente) sale y puede ser recibido por un depósito o contenedor adecuado para tal efecto.

El agua de rechazo, que sale desde las partes baja y alta del compactador son conducidas hacia el desarenador-desengrasador que continuará con el tratamiento de las mismas.

#### **4.2.5.- DESARENADOR - DESENGRASADOR.**

Las aguas vienen del tamizado por rebose y se introducen en el desarenador desengrasador.

Su función es separar los elementos pesados en suspensión, que lleva el agua a tratar y que perjudican el posterior tratamiento, generando sobrecargas en fangos, depósitos en las conducciones, tuberías etc. 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, quedando el agua libre de arenas.

Para el diseño del desarenador de las instalaciones de la planta MARPOL, utilizaremos un desarenador aireado, ya que con este tipo de Desarenadores se consigue también un efecto de desemulsión de las grasas presentes en el agua a tratar, haciendo ascender estas para su posterior retirada.

Si bien estas dos operaciones pueden hacerse por separado, el realizarlas de forma conjunta conlleva una serie de ventajas:

- 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 desemulsión de grasas en el mismo depósito. Algo lógico considerando las diferencias de densidades entre las partículas de arena y grasa.
- El aire comprimido añadido para la desemulsión 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 estas de más tiempo para ponerse en contacto entre sí durante su recorrido hacia la superficie, aumentándose el rendimiento de la flotación de grasas.

Por todo ello es por lo que se ha decidido poner las dos operaciones de forma conjunta. Ahorrando espacio y mejorando el funcionamiento de los equipos.

#### **4.2.6.- DEPÓSITO PULMÓN.**

El agua de salida del desarenador-desengrasador, se conduce hacia una arqueta de recogida de aguas, desde esta arqueta esta agua se enviarán a un depósito de almacenamiento intermedio. Este Depósito denominado depósito pulmón, tiene como finalidad la acumulación de las aguas de los pretratamiento, para que el Reactor Biológico tenga un suministro de producto para el tratamiento de forma constante. Este depósito se fabricará en poliéster reforzado con fibra de vidrio y será de unos 25 m<sup>3</sup> de volumen. Este volumen

garantiza que pueda recoger mas de un día de trabajo en condiciones normales, por parte del pretratamiento, y con este volumen acumulado, se garantiza que el reactor biológico que trabaja a una media de 1 m<sup>3</sup>/h pueda tener suministro incluso cuando el pretratamiento este fuera de funcionamiento. Mediante unas bombas se suministrará un caudal constante al Reactor Biológico.

#### **4.2.7.-DIMENSIONAMIENTO DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO.**

El reactor biológico se compone de una balsa de poliéster de 30 m<sup>3</sup>, donde se consigue una mineralización del fango elevada y una producción de fangos mínima.

El reactor biológico incluye un sistema para la adición de aire para la oxigenación del la mezcla.

Para el aporte del oxígeno necesario para el correcto funcionamiento del tratamiento biológico se dispondrá de una soplante capaz de garantizar el aporte necesario de oxígeno al reactor. En este reactor el suministro necesario para que funcione adecuadamente son 40 Kg de oxígeno por día en la situación más desfavorable, que se da durante el periodo más caluroso estudiado.

Este equipo constara de los siguientes componentes:

- Un cuadro de regulación de aire para mantener la presión de suministro.
- Un eyector (mezclador líquido/gas) construido en acero inoxidable para optimizar la miscibilidad del aire en el agua.
- Una bomba de recirculación que estará conectada a la tubería de salida.

Se instalarán también el correspondiente medidor de oxígeno, el cuadro de regulación de oxígeno, el armario eléctrico para el arranque, elementos de

sujeción de los equipos, tuberías de conducción de gas, etc. Este sistema permite obtener el mínimo volumen de reactor aerobio a la vez que se aumenta la eficiencia de eliminación de materia orgánica y se consigue una mayor fiabilidad técnica ante posibles puntas de carga.

De este modo, las condiciones de operación del sistema propuesto serían las que se resumen en la siguiente Tabla.

Caudal nominal (m <sup>3</sup> /día)	16
Días de funcionamiento por semana	5
DBO (mg/L)	900
NITROGENO (mg/L)	200
T <sup>a</sup> agua (°C)	20-28
Volumen útil total biológico (m <sup>3</sup> )	29.12
Tiempo de retención hidráulico (d)	1.82
Carga volumétrica (kg DBO/m <sup>3</sup> día)	0.75
Carga másica (kg DQO/kg SSV día)	0.18
Consumo de oxígeno medio (kg/día)	38.33
Producción media de fangos biológicos (kg ST/día)	1.52

Este equipo va seguido de un decantador que hace las veces de clarificador, el cual hace la separación de los lodos del tratamiento y del agua clarificada ya tratada. Gracias al decantador se pueden separar fácilmente los productos a recircular de nuevo al reactor biológico, del producto ya tratado que se enviará al depósito de agua tratada mediante bombeo, para su posterior vertido al mar. En la corriente de recirculación de este decantador, se situará también la purga del sistema, por donde extraeremos parte de los lodos generados para que no se cree un exceso en el reactor, y pueda funcionar adecuadamente.

#### **4.2.8.- DEPÓSITO DE AGUA TRATADA.**

Las aguas ya tratadas por el Reactor Biológico, se bombearán hacia un depósito de almacenamiento. En este depósito se acumulará el agua esperando la bajada de las mareas para su posterior vertido al mar. También en este depósito se podrán hacer análisis de las aguas finales para comprobar la calidad del vertido que posteriormente se realizará al mar, como medida preventiva para evitar la contaminación, ya que los controles de calidad de vertido serán llevados a cabo periódicamente por una empresa autorizada para ello. El vertido de las aguas al mar se realizará exclusivamente en periodos de bajada de mareas como marca la normativa de vertidos al mar, por ello se deberán acumular las aguas tratadas en el depósito durante al menos 6 horas (tiempo aproximado entre mareas) previamente a la apertura de válvulas. Para ello se instalará un depósito de poliéster reforzado con fibra de vidrio de unos 25 m<sup>3</sup> de volumen. El sobredimensionamiento de este depósito a 25 m<sup>3</sup> se hace en vista a la necesidad de parar los vertidos al mar, sin tener que detener el funcionamiento del Reactor Biológico.

#### **4.2.9- DESODORIZACIÓN.**

Durante todo el proceso de tratamiento de los residuos MARPOL a tratar en la planta, se irán produciendo una serie de olores desagradables, que no es conveniente que salgan más allá de la nave donde esta confinada la planta. Una de las intenciones de meter la planta en una nave es evitar la fuga de estos olores desagradables, ya que al estar situadas las instalaciones en la misma ciudad, se quiere evitar a toda costa los posibles efectos negativos sobre ella. Para ello se ha instalado un sistema de desodorización sencillo y eficaz para tratar este tipo de olores.

El sistema consiste básicamente, en que se dispone de un local cerrado, del que no se deberían escapar demasiados olores, unido a un sistema de filtros que eliminan los olores. En la nave de tratamiento, en el sistema de ventilación,

se colocará un filtro de carbón activo, por el cual se hará circular todo el aire de la nave, mediante una soplante con lo cual la cantidad de olores que salgan de la nave será mínima, y nunca llegarían a la ciudad restos de los olores producidos durante el tratamiento.

## **5.- OBRA CIVIL.**

Consideraciones a tener en cuenta a la hora de ejecutar la obra civil de la instalación.

### **DOTACIÓN DE INSTALACIONES PARA LA NAVE.**

A continuación se describe la infraestructura a ejecutar durante la realización de las obras incluidas en el Proyecto:

#### **ELECTRICIDAD.**

Se instalará un cuadro general de Baja Tensión al que llegará el suministro eléctrico.

Desde el cuadro general partirán los circuitos que alimentan a los cuadros secundarios a los que a su vez se conectarán todos los consumidores eléctricos de la nave.

El sistema de instalación empleado en la nave será tubos en montaje superficial.

#### **ILUMINACIÓN.**

Se dispondrán lámparas industriales de vapor de mercurio color corregido 250 w en número suficiente para un grado de iluminación adecuado al uso de la nave.

#### **TOMAS DE FUERZA INTERIORES.**

Se colocarán una serie de tomas de corriente en caja normalizada compuesta por dos tomas de corriente con toma de tierra para 16 A de intensidad máxima. Cada caja contiene una toma monofásica y otra trifásica.

## **RED DE VACIADOS.**

Se ejecutará una red unitaria para la recogida de todos los efluentes que provienen de los posibles vaciados de los equipos de tratamiento en operaciones de limpieza y mantenimiento, así como de posibles baldeos del pavimento de la zona de trabajo.

Esta red de evacuación es una red enterrada formada por un colector de 250 mm de diámetro mínimo, con pendiente suficiente para evacuar los vertidos hasta un pozo de bombeo donde se colocarán las bombas de recirculación de vertidos a cabecera de proceso.

La red se completa con arquetas ejecutadas in situ o prefabricadas de hormigón para recoger los efluentes del desarenador-desengrasador, para su posterior bombeo al depósito pulmón.

Estas arquetas tendrán la posibilidad de conectarse entre si, por medio de bombas, para poder proceder a la recirculación del fluido que sale de los pretratamientos a la cabecera del proceso, en caso de comprobarse que la calidad del agua no fuese la adecuada.

## **INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.**

La instalación objeto de estudio se considera de Riesgo Intrínseco Bajo, por lo que será preceptiva la instalación de extintores portátiles.

Los extintores serán del tipo Extintor portátil de polvo ABC polivalente de 6 Kg de capacidad para las zonas comunes de la planta y Extintores portátiles de 5 Kg de capacidad de CO<sub>2</sub> en las proximidades de cuadro e instalaciones y equipos eléctricos.

Además se colocarán luminarias autónomas fluorescentes de emergencia y señalización según las directrices marcadas por la legislación vigente.

### **INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.**

Se ejecutará una red interior de distribución de aire comprimido desde un compresor portátil que se instalará en el interior de la nave, para abastecer la instrumentación y equipos que necesiten de este servicio y se colocarán además una serie de tomas de enchufe rápido para usos auxiliares de limpiezas, conexión de herramientas neumáticas, etc.

Las redes de tuberías tendrán una pendiente mínima para facilitar la evacuación de condensados que se pudieran producir en el interior de la misma y contarán con válvulas de purga en cada toma y al final de cada ramal de la instalación.

### **INSTALACIÓN DE DESODORIZACIÓN.**

Se ejecutará una red interior de conductos de chapa circular, con una serie de rejillas rectangulares distribuidas por el interior de la nave de proceso para la extracción de aire y tratamiento de olores en la instalación.

Además, los depósitos de almacenamiento del residuo de entrada se conectarán a esta red de conductos que conducirá los gases extraídos en la nave mediante una soplante hasta una torre de desodorización (ubicados ambos en el exterior).

La instalación de desodorización consiste básicamente en una columna de adsorción con carbón activo que eliminará los olores provenientes de la instalación. El aire del interior de la nave se pasa por la columna y ya después de la columna el aire estaría libre de olores.

De esta forma se consigue el tratamiento efectivo de los olores que principalmente se producen en este proceso en los tanques de almacenamiento de residuo y en el Reactor Biológico, así como en la cuba que se dispone para la recogida de desechos provenientes de los distintos equipos.

## **2.- MEMORIA DE CÁLCULO**

**ÍNDICE:**

<b>1.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LAS BOMBAS.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.- BOMBEO DEL POZO DE RECEPCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.- BOMBEO A TORNILLO COMPACTADOR.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3.- BOMBEO A DEPÓSITO PULMÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4.- BOMBEO A REACTOR BIOLÓGICO.....</b>	<b>8</b>
<b>1.5.- BOMBEO A DEPÓSITO DE VERTIDO.....</b>	<b>10</b>
<b>1.6.- BOMBEO AL MAR.....</b>	<b>11</b>
<b>1.7.- BOMBAS EN LA ARQUETA PARA RECIRCULACIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>2.- CÁLCULO DE DEPÓSITOS.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.- POZO DE RECEPCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.- DEPÓSITO ALMACENAMIENTO Y ESTRATIFICACIÓN</b>	
<b>T – 01A Y T - 01B.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3.- DEPÓSITO PREVIO AL REACTOR BIOLÓGICO Y DEPÓSITO</b>	
<b>FINAL PREVIO AL VERTIDO AL MAR.....</b>	<b>24</b>
<b>3.- CÁLCULO DESARENADOR-DESENGRASADOR.....</b>	<b>28</b>
<b>4.- CÁLCULO DEL REACTOR BIOLÓGICO.....</b>	<b>34</b>
<b>5.- CÁLCULO DEL DECANTADOR.....</b>	<b>84</b>
<b>6.- CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS.....</b>	<b>91</b>
<b>6.1.- TORNILLO COMPACTADOR.....</b>	<b>91</b>
<b>6.6.- SOPLANTE.....</b>	<b>92</b>
<b>7.- DIMENSIONADO DEL CUBETO DE PROTECCIÓN.....</b>	<b>95</b>

## 1.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LAS BOMBAS.

Se necesita poder tratar 2.800 toneladas al año de producto, que es lo que se ha definido como objetivo en la memoria descriptiva, con lo cual se diseñará la capacidad de las bombas para tratar un caudal que al cabo del año proporcione esta capacidad de tratamiento.

Se ha supuesto que se va a trabajar media jornada diaria, es decir 8 horas, parando los fines de semana, y con periodos de estacionalidad que probablemente harán detener el proceso durante algún mes. La planta está diseñada para que tenga capacidad de almacenamiento suficiente como para trabajar en continuo, pero no causaría mayor problema el detenerla durante algún tiempo.

$$\frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} \cdot \frac{\text{días}}{\text{semana}} \cdot \frac{44 \text{ semanas}}{\text{año}} = 1.760 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

Se quiere tratar 2800 toneladas/año, suponiendo una densidad igual a la del agua del producto a tratar, esto suponen 2800 m<sup>3</sup>/año.

$$\frac{2.800 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}}{1.760 \frac{\text{horas}}{\text{año}}} = 1,6 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Este sería el caudal mínimo de tratamiento que debería suministrar cualquier bomba que instalemos en la planta, pero se verá punto por punto que el caudal que se va a necesitar que pueda suministrar cada una de las bombas suele ser superior a este valor.

En la elección de las bombas siempre se va a seleccionar el tipo de bomba que se crea que es más necesario para cada bombeo, y se tendrá en cuenta que es posible que exista algún tipo de sólido que se pueda atascar ocasionalmente perdiendo rendimiento la bomba.

## 1.1.- BOMBAS DEL POZO DE RECEPCIÓN.

En estas bombas la capacidad necesaria de trabajo está por encima del caudal medio que se ha calculado anteriormente, debido a que es el punto de entrada al sistema y los residuos llegaran según se recepcionen buques, con lo cual se debe tener capacidad de bombear rápidamente estos residuos a los tanques de almacenamiento. Después para el tratamiento de estos residuos almacenados no serán necesarias unas bombas que suministren tanto caudal.

Se considera que un caudal de 10 m<sup>3</sup>/hora para estas bombas del pozo de bombeo es suficiente para que la recepción de residuos no se vea comprometida debido a que se llene el pozo de recepción. Con este caudal se puede ir vaciando a la vez que se siguen recibiendo cargas de residuos.

Se considera que la bomba debe tener una capacidad de elevación del líquido de 25 metros. De estos metros, 3 son la profundidad del pozo donde se encuentran situadas las bombas, 11 metros es la altura del depósito al que se quiere introducir el líquido, si bien la entrada al depósito está situada a 3 metros de altura, debe ser capaz de alcanzar los 11 metros del depósito completo. Por último el resto de altura hasta los 25 metros que se ha tomado de altura necesaria de la bomba se debe a las pérdidas por rozamiento de la tubería y los diversos accesorios que en ella se encuentran y también se ha tenido en cuenta un coeficiente de seguridad de altura.

El cálculo de potencia de estas bombas viene dado por la fórmula:

$$\text{Potencia} = H_A \cdot Q \cdot \rho \cdot g$$

Siendo:

H<sub>A</sub>: Altura a la que se quiere bombear el líquido.

Q: Caudal que se pretende conseguir.

ρ: Densidad del líquido.

g: Gravedad.

$$Potencia = 25 \text{ m} \cdot 10 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \cdot 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Potencia = 25 \cdot \frac{10}{3.600} \cdot 1.000 \cdot 9,8 = 680,55 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = 680,55 \text{ W}$$

Hay que tener en cuenta que el rendimiento de la bomba es de un 42,4%, según el fabricante, con lo cual la potencia que habría que suministrar a la bomba en principio sería de 1.605,08 W. A esta capacidad de la bomba se le aplica un coeficiente de seguridad que en nuestro caso y debido a que estas bombas son claves en la recepción de residuos y el correcto funcionamiento de la planta, se va a considerar que sea de un 50%. Por ello la potencia de la bomba que se debe buscar en el mercado será una que satisfaga los 2.407,62 W que se han calculado.

Consultando el catálogo de bombas, se considera que la que más se acerca a nuestras necesidades, es la siguiente:

Grupo motobomba centrífuga sumergible de las siguientes características:

- caudal en el punto de trabajo (m<sup>3</sup>/h) exigido: 10 m<sup>3</sup>/h
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 25 m.c.a.
- tipo rodete: cb-contrabloqueo (mono canal abierto)
- paso de sólidos (mm): 100
- diámetro de entrada (mm): 100 mm
- diámetro de salida (mm): 100 mm.

- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- potencia en el eje del motor: (kw): 2,7 kw

Líquido a bombear:

- aguas residuales con sólidos en suspensión

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 3 kw
- velocidad (r.p.m.): 1.450 rpm

## **1.2- BOMBEO A TORNILLO COMPACTADOR.**

Se van a calcular ahora las potencias de las bombas que pretenden trasladar el producto almacenado en los tanques de almacenamiento, hasta el primer equipo de la instalación. Este equipo es un tornillo compactador, que procederá a separar sólidos en suspensión del producto. La bomba instalada para este caso se va a suponer que necesita un caudal de trabajo de  $10 \text{ m}^3 / \text{hora}$  y que la altura a la que va a necesitar bombear es a 10 m. Esta altura será menor pues la descarga por gravedad de los tanques ayudara a que sea más fácil el traslado del producto, pero por si el tanque estuviera prácticamente vacío, teniendo en cuenta las pérdidas de carga por accesorios y por longitud de tubería, se supondrá esta altura.

El cálculo de potencia de estas bombas viene dado por la formula:

$$Potencia = H_A \cdot Q \cdot \rho \cdot g$$

Siendo:

$H_A$ : Altura a la que se quiere bombear el líquido.

Q: Caudal que se pretende conseguir.

$\rho$ : Densidad del líquido.

g: Gravedad.

$$Potencia = 10 \text{ m} \cdot 10 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \cdot 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Potencia = 10 \cdot \frac{10}{3.600} \cdot 1.000 \cdot 9,8 = 272,22 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = 272,22 \text{ W}$$

Hay que tener en cuenta que el rendimiento de la bomba es de un 42,4%, según el fabricante, con lo cual la potencia que habría que suministrar a la bomba en principio sería de 642,03 W. A esta capacidad de la bomba se le aplica un coeficiente de seguridad que en nuestro caso se va a considerar que sea de un 50%. Por ello la potencia de la bomba que se debe buscar en el mercado será una que satisfaga los 963,05 W que se han calculado.

Consultando el catalogo de bombas, se considera que la que más se acerca a nuestras necesidades, es la siguiente:

Grupo motobomba centrífuga sumergible de las siguientes características:

- caudal en el punto de trabajo ( $m^3/h$ ) exigido:  $10 m^3/h$
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 10 m.c.a.
- tipo rodete: cb-contra bloqueo (mono canal abierto)
- paso de sólidos (mm): 100
- diámetro de entrada (mm): 100 mm
- diámetro de salida (mm): 50 mm.
- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- potencia en el eje del motor: (kw): 1,5 kw

Líquido a bombear:

- aguas residuales con sólidos en suspensión

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 1,8 kw
- velocidad (r.p.m.): 1.450 rpm

### **1.3.- BOMBEO A DEPÓSITO PULMÓN.**

Se procede al cálculo y selección de la bomba que traslada el producto de las arquetas en las que se recoge el producto del desarenador-desengrasador, hasta el depósito pulmón previo al Reactor Biológico. Se va a considerar que el caudal que va a tener que suministrar esta bomba será de 5 m<sup>3</sup>/h, y una altura de 13 metros, entre la altura del depósito de 4 metros, la profundidad de la arqueta y las pérdidas de carga.

El cálculo de potencia de estas bombas viene dado por la fórmula:

$$Potencia = HA \cdot Q \cdot \rho \cdot g$$

Siendo:

H<sub>A</sub>: Altura a la que se quiere bombear el líquido.

Q: Caudal que se pretende conseguir.

ρ: Densidad del líquido.

g: Gravedad.

$$Potencia = 5 \text{ m} \cdot 13 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \cdot 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Potencia = 5 \cdot \frac{13}{3.600} \cdot 1.000 \cdot 9,8 = 176,94 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = 176,94 \text{ W}$$

Hay que tener en cuenta que el rendimiento de la bomba es de un 42,4%, según el fabricante, con lo cual la potencia que habría que suministrar a la bomba en principio sería de 417,321 W. A esta capacidad de la bomba se le aplica un coeficiente de seguridad que en nuestro caso se va a considerar que sea de un 50%. Por ello la potencia de la bomba que se debe buscar en el mercado será una que satisfaga los 625,98 W que se han calculado.

Consultando el catálogo de bombas, se considera que la que más se acerca a nuestras necesidades, es la siguiente:

Grupo motobomba centrífuga de las siguientes características:

- caudal en el punto de trabajo (m<sup>3</sup>/h): 5
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 13
- tipo rodete: vortex
- paso de sólidos (mm): 100
- diámetro de salida (mm): 50
- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- rendimiento el punto de trabajo (%): 42,4
- potencia en el eje del motor: (kw): 1,3

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 1,5

#### **1.4.- BOMBEO A REACTOR BIOLÓGICO.**

Se calcula a continuación la potencia necesaria del bombeo a efectuar desde el depósito pulmón hasta el Reactor Biológico. Esta bomba debe ser capaz de suministrar un caudal de 5 m<sup>3</sup>/h que es un caudal un poco superior al caudal punta del reactor biológico y debe ser capaz de conferir una altura de al menos 5 metros, teniendo en cuenta las pérdidas por accesorios.

El cálculo de potencia de estas bombas viene dado por la formula:

$$Potencia = HA \cdot Q \cdot \rho \cdot g$$

Siendo:

$H_A$ : Altura a la que se quiere bombear el líquido.

Q: Caudal que se pretende conseguir.

$\rho$ : Densidad del líquido.

g: Gravedad.

$$Potencia = 5 \text{ m} \cdot 5 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \cdot 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Potencia = 5 \cdot \frac{5}{3.600} \cdot 1.000 \cdot 9,8 = 68,05 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = 68,05 \text{ W}$$

Hay que tener en cuenta que el rendimiento de la bomba es de un 42,4%, según el fabricante, con lo cual la potencia que habría que suministrar a la bomba en principio sería de 160,5 W. A esta capacidad de la bomba se le aplica un coeficiente de seguridad que en nuestro caso se va a considerar que sea de un 50%. Por ello la potencia de la bomba que se debe buscar en el mercado será una que satisfaga los 240,76 W que se han calculado.

Consultando el catálogo de bombas, se considera que la que más se acerca a nuestras necesidades, es la siguiente:

Grupo motobomba centrífuga sumergible de las siguientes características:

- caudal en el punto de trabajo ( $\text{m}^3/\text{h}$ ): 5
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 5
- tipo rodete: vortex
- paso de sólidos (mm): 32
- diámetro de salida (mm): 32

- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- rendimiento el punto de trabajo (%): 42,4
- potencia en el eje del motor: (kw): 1,1

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 1,3

## 1.5.- BOMBEO A DEPÓSITO DE VERTIDO.

Se procede al cálculo y selección de la bomba que traslada el producto de la salida del Reactor Biológico hasta el depósito de agua tratada, en el que se recoge el producto tratado antes de su vertido al mar. Se va a considerar que el caudal que va a tener que suministrar esta bomba será de 5 m<sup>3</sup>/h, y una altura de 13 metros, entre la altura del depósito de 4 metros y las pérdidas de carga.

El cálculo de potencia de estas bombas viene dado por la formula:

$$Potencia = H_A \cdot Q \cdot \rho \cdot g$$

Siendo:

H<sub>A</sub>: Altura a la que se quiere bombear el líquido.

Q: Caudal que se pretende conseguir.

ρ: Densidad del líquido.

g: Gravedad.

$$Potencia = 5 \text{ m} \cdot 13 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \cdot 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Potencia = 5 \cdot \frac{13}{3.600} \cdot 1.000 \cdot 9,8 = 176,94 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = 176,94 \text{ W}$$

Hay que tener en cuenta que el rendimiento de la bomba es de un 42,4%, según el fabricante, con lo cual la potencia que habría que suministrar a la bomba en principio sería de 417,321 W. A esta capacidad de la bomba se le aplica un coeficiente de seguridad que en nuestro caso se va a considerar que sea de un 50%. Por ello la potencia de la bomba que se debe buscar en el mercado será una que satisfaga los 625,98 W que se han calculado.

Consultando el catalogo de bombas, se considera que la que más se acerca a nuestras necesidades, es la siguiente:

Grupo motobomba centrífuga de las siguientes características:

- caudal en el punto de trabajo ( $\text{m}^3/\text{h}$ ): 5
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 13
- tipo rodete: vortex
- paso de sólidos (mm): 32
- diámetro de salida (mm): 50
- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- rendimiento el punto de trabajo (%): 42,4

- potencia en el eje del motor: (kw): 1,3

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 1,5

## 1.6.- BOMBEO AL MAR.

Se van a calcular ahora las potencias de las bombas que pretenden trasladar el producto almacenado en el depósito T – 05 que es el que se ha situado previo al vertido al mar, y el punto de vertido. La bomba instalada para este caso se va a suponer que necesita un caudal de trabajo de 10 m<sup>3</sup> / hora, ya que trabajara bastante limitada de horario por culpa de las mareas, ya que los vertidos se realizan cuando la marea está bajando y que la altura a la que va a necesitar bombear es a 10 m, debido a las perdidas por accesorios y la distancia al punto de vertido que es algo que no se ha dejado claramente establecido.

El cálculo de potencia de estas bombas viene dado por la formula:

$$Potencia = H_A \cdot Q \cdot \rho \cdot g$$

Siendo:

H<sub>A</sub>: Altura a la que se quiere bombear el líquido.

Q: Caudal que se pretende conseguir.

ρ: Densidad del líquido.

g: Gravedad.

$$Potencia = 10 \text{ m} \cdot 10 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \cdot 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Potencia = 10 \cdot \frac{10}{3.600} \cdot 1.000 \cdot 9,8 = 272,22 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = 272,22 \text{ W}$$

Hay que tener en cuenta que el rendimiento de la bomba es de un 42,4%, según el fabricante, con lo cual la potencia que habría que suministrar a la bomba en principio sería de 642,03 W. A esta capacidad de la bomba se le aplica un coeficiente de seguridad que en nuestro caso se va a considerar que sea de un 50%. Por ello la potencia de la bomba que se debe buscar en el mercado será una que satisfaga los 963,05 W que se han calculado.

Consultando el catálogo de bombas, se considera que la que más se acerca a nuestras necesidades, es la siguiente:

Grupo motobomba centrífuga sumergible para agua bruta de las siguientes características:

- caudal en el punto de trabajo (m<sup>3</sup>/h) exigido: 10 m<sup>3</sup>/h
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 10 m.c.a.
- tipo rodete: cb-contra bloqueo (mono canal abierto)
- paso de sólidos (mm): 100
- diámetro de entrada (mm): 100 mm
- diámetro de salida (mm): 100 mm.
- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.

- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- potencia en el eje del motor: (kw): 1,5 kw

Líquido a bombear:

- aguas residuales con sólidos en suspensión

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 1,8 kw

## 1.7.- BOMBAS EN LA ARQUETA PARA RECIRCULACIÓN.

Estas bombas están situadas en una arqueta colocada junto a la salida del desarenador-desengrasador. Su función es bombear de nuevo a la cabecera del proceso todo el líquido allí acumulado. Este líquido será proveniente tanto de la limpieza de la nave, como el posible líquido que no cumpla las condiciones de desengrasado, y se mande ahí desde el desarenador-desengrasador. No va a necesitar mover un gran caudal, unos 5 m<sup>3</sup> a la hora es más que suficiente, pero sí que tendrá que vencer una altura de 20 m, debido a la altura del depósito al que bombea y las pérdidas por accesorios.

El cálculo de potencia de estas bombas viene dado por la fórmula:

$$\text{Potencia} = H_A \cdot Q \cdot \rho \cdot g$$

Siendo:

H<sub>A</sub>: Altura a la que se quiere bombear el líquido.

Q: Caudal que se pretende conseguir.

ρ: Densidad del líquido.

g: Gravedad.

$$Potencia = 20 \text{ m} \cdot 5 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} \cdot 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Potencia = 20 \cdot \frac{5}{3.600} \cdot 1.000 \cdot 9,8 = 272,22 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = 272,22 \text{ W}$$

Hay que tener en cuenta que el rendimiento de la bomba es de un 42,4%, según el fabricante, con lo cual la potencia que habría que suministrar a la bomba en principio sería de 642,03 W. A esta capacidad de la bomba se le aplica un coeficiente de seguridad que en nuestro caso se va a considerar que sea de un 50%. Por ello la potencia de la bomba que se debe buscar en el mercado será una que satisfaga los 963,05 W que se han calculado.

Consultando el catálogo de bombas, se considera que la que más se acerca a nuestras necesidades, es la siguiente:

Grupo motobomba centrífuga sumergible para agua bruta de las siguientes características:

- caudal en el punto de trabajo ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) exigido:  $5 \text{ m}^3/\text{h}$
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 20 m.c.a.
- tipo rodete: cb-contrabloqueo (mono canal abierto)
- paso de sólidos (mm): 100
- diámetro de entrada (mm): 100 mm
- diámetro de salida (mm): 100 mm.

- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- potencia en el eje del motor: (kw): 1,5 kw

Líquido a bombear:

- aguas residuales con sólidos en suspensión

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 1,8 kw
- velocidad (r.p.m.): 1.450 rpm

## **2.- CÁLCULO DE DEPÓSITOS.**

En este apartado se calcularán los depósitos que hacen falta para la instalación. Se hará el cálculo en base a las capacidades que se estiman necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta la normativa vigente.

### **2.1.- POZO DE RECEPCIÓN.**

Es necesario un pozo de recepción de residuos para la llegada del producto. La llegada del producto será de forma puntual con la llegada de buques que necesiten deshacerse de sus residuos MARPOL, según marca la normativa. Los barcos descargan sus residuos a camiones que posteriormente vierten su contenido al pozo de recepción de producto, desde el cual se alimentaran los tanques de almacenamiento. El pozo de recepción debe tener una capacidad suficiente para que al descargar los camiones de producto este no rebose.

Teniendo en cuenta que un camión cisterna que se puede usar habitualmente puede tener una capacidad aproximada de 11.000 litros, que normalmente las cisternas empleadas para el transporte de las aguas de sentinas es algo menor, y que las bombas del pozo se activan automáticamente cuando empieza a llenarse el pozo. Se considera que un pozo de 2 x 2 de ancho y largo x 2,5 de profundidad, que daría una capacidad de 10 m<sup>3</sup>, sería lo suficientemente grande para acoger la descarga de un camión cisterna de 11.000 litros, y no rebosar, en caso de existir algún problema con las bombas en la recepción de residuos y que no se activaran, el camión cisterna podría detener en cualquier momento su descarga a petición del operario que controlase la operación. Las bombas del pozo se han diseñado para que sean capaces de bombear 10 m<sup>3</sup>/h lo que vaciaría el pozo lo suficientemente rápido como para que no rebosara, con el tamaño previsto, para la descarga por gravedad de un camión cisterna de 11.000 litros.

La construcción de este pozo de recepción será subcontratada a una empresa auxiliar. En los planos se indica como debería quedar finalmente.

## **2.2.- DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO Y ESTRATIFICACIÓN T – 01A Y T - 01B.**

Se ha considerado necesario que los depósitos de almacenamiento y estratificación estén por duplicado. Esta consideración se ha establecido para que cuando se esté trabajando con uno de los depósitos, el otro sirva como receptor de los nuevos residuos que vayan llegando, no teniendo que remover todo el tanque en el que se está trabajando y pudiendo conseguir por estratificación un producto a tratar un poco más uniforme.

La capacidad que se ha seleccionado para estos depósitos de almacenamiento y estratificación, es de 300 m<sup>3</sup> cada uno.

La causa por la que se han seleccionado unos tanques tan grandes, es por la estacionalidad del trabajo, pudiendo ser que en un periodo de tiempo no

se recibiese ningún buque y en cambio en otro periodo llegasen 3 o 4 juntos. Teniendo en cuenta que la cámara de sentinas de un gran petrolero puede ser de 30 x 30 metros aproximadamente, y que no debería ser normal que la altura del líquido excediese de 20- 25 centímetros. Se considera que un gran petrolero puede traer una cantidad a tratar en la cámara de sentinas de entre 180 y 225 m<sup>3</sup>. Teniendo en cuenta que la instalación está diseñada para dar un servicio auxiliar a los buques que entren a reparar en Cádiz, y que no suelen ser ni mucho menos del tamaño de estos petroleros. Se puede suponer que las dimensiones de estos tanques son suficientes para trabajar en las condiciones más adversas en lo que a llegada de residuos se refiere.

En periodos en los que las cargas de llegada de residuos sean bajas, al tener dos depósitos se puede proceder al limpiado de los lodos acumulados en los fondos de los depósitos, sin tener que detener la planta.

Se diseñan a continuación las especificaciones básicas del depósito, comprando posteriormente a un fabricante un depósito de las características especificadas.

### **2.2.1.- CÁLCULO DEL DEPÓSITO.**

#### **- Dimensiones.**

Se montarán depósitos cilíndricos ya que son los que suponen unos costes, de fabricación y de montaje, menores.

Conociendo que el volumen que se quiere lograr en el recipiente, y aplicando la condición de superficie mínima de la envolvente, sin contar los fondos, se determinaran las medidas que minimizan la superficie necesaria.

A partir de las ecuaciones de volumen y superficie del cilindro:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot L$$

$$S = 2 \cdot \pi \cdot L + 2 \cdot \pi \cdot R^2$$

Donde V es el volumen, R el radio y L la longitud.

Sustituyendo:

$$S = \left(\frac{2V}{R}\right) + 2 \cdot \pi \cdot R^2$$

Derivando la ecuación y estableciendo la condición de superficie mínima:

$$\frac{dS}{dR} = -\left(\frac{2V}{R^2}\right) + 4\pi R = 0$$

Con lo cual, siendo  $V = 300\text{m}^3$ , se obtiene que  $R = 3,63 \text{ m}$

Ahora se calcularán la longitud a partir de la ecuación del volumen:

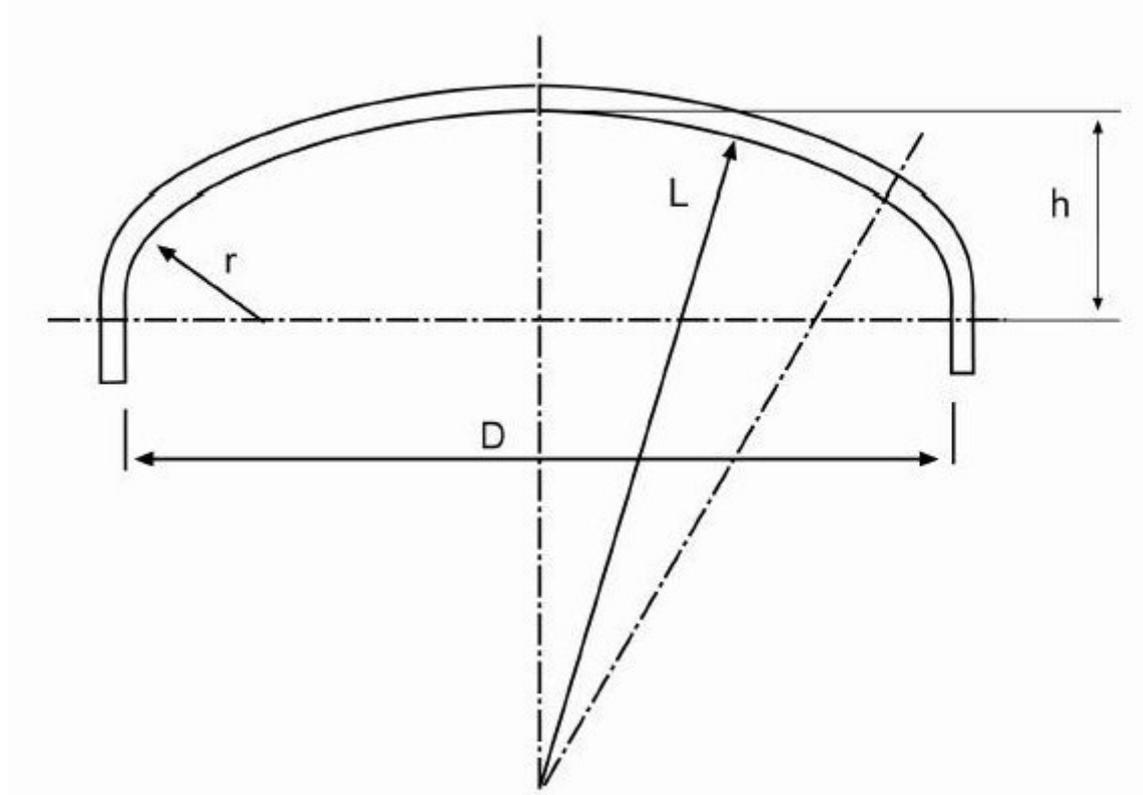
$$V = \pi \cdot R^2 \cdot L \quad \rightarrow \quad L = \frac{V}{\pi R^2} = \frac{300}{\pi \cdot 3,63^2} = 7,25\text{m}$$

Los depósitos se construirán con el fondo superior toriesférico, de tipo korbogen, como indica la norma API std. 650 para recipientes a presión atmosférica. Esta norma es aplicable para grandes tanques horizontales o verticales soldados en el campo, que operan a presiones en el espacio vapor menores a 1,5 psig y a temperaturas no superiores a 121°C. Los fondos tipo korbogen son los de mayor aceptación en la industria debido a su bajo coste y a que soportan grandes presiones manométricas. El fondo inferior se construirá con una inclinación del 2% teniendo en cuenta que se pudieran producir deposiciones solidas en el fondo de los depósitos.

Para el cálculo del fondo toriesférico tipo korbogen se tienen las siguientes características específicas.

$$\frac{L}{D} = \alpha \quad \frac{r}{D} = \beta$$

Siendo  $\alpha = 0,8$  y  $\beta = 0,15$



La profundidad del fondo (h) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$h = \left[ \alpha - \sqrt{(\alpha - \beta)^2 - (0,5 - \beta)^2} \right] \cdot D$$

De ello se obtiene:

$$L = 0,8 \cdot D = 0,8 \cdot 3,63 \cdot 2 = 5,808 \text{ m}$$

$$r = 0,15 \cdot D = 0,15 \cdot 3,63 \cdot 2 = 1,089 \text{ m}$$

$$h = \left[ 0,8 - \sqrt{(0,8 - 0,15)^2 - (0,5 - 0,15)^2} \right] \cdot 3,63 \cdot 2 = 1,83 \text{ m}$$

De estos datos se obtienen las dimensiones características del depósito.

**- Materiales del depósito:**

Los depósitos que se están diseñando trabajaran con líquido a temperatura ambiente y a presión atmosférica. Debido a que la composición de los líquidos que pueden llegar en cada buque suelen presentar composiciones variadas, y teniendo en cuenta que las instalaciones se sitúan cerca del mar y el consiguiente riesgo de contaminación que existe, se ha considerado que utilizar un material de alta calidad no sería un coste innecesario. Por ello, y siguiendo las recomendaciones de los fabricantes de materiales con respecto a la industria química, el material elegido para el diseño de los depósitos será Acero inoxidable que cumpla la norma ATSM a 240-316L.

**- Temperatura y presión de diseño:**

La temperatura de diseño no debe ser inferior a la temperatura máxima de fluido correspondiente a la presión de diseño existente.

A no ser que se especifique lo contrario se adoptará como temperatura de diseño el valor de:

$$T = \text{Máxima Temperatura de operación} + 20^{\circ}\text{C}.$$

Teniendo en cuenta que la temperatura máxima del líquido que se va a introducir en el depósito, lo hace a una temperatura de 30 °C, la temperatura de diseño será de 50°C.

Se deberá establecer una presión con la que realizar los cálculos relativos al diseño, presión de diseño.

Se ha escogido una presión de diseño de 1,35 psig para el diseño de los depósitos, ya que la presión que presentan es pequeña.

**- Coeficiente de unión z:**

En el cálculo del espesor requerido, las formulas de cálculo contienen el parámetro z, que es un coeficiente de seguridad para tener en cuenta la posible debilitación debida a los cordones de soldadura.

Para juntas soldadas el coeficiente de unión z, para equipos que sean objeto de controles destructivos y no destructivos que permitan comprobar que el conjunto de las juntas no presenta deficiencias significativas, será  $z = 1$ . También será  $z = 1$  en todas las situaciones de ensayo.

**- Tensión nominal de cálculo f :**

Los valores máximos de tensión nominal de cálculo se determinan en función de los valores del límite elástico del material. El límite elástico del material elegido es 240 MPa.

Para el cálculo de aceros austeníticos de alargamiento mínimo después de la rotura superior al 35 % se emplea la siguiente fórmula, de acuerdo con la norma UNE EN 13445-3:

$$f_d = \max \left[ \left( \frac{R_{p1,0}}{\frac{f}{1,5}} \right); \min. \left( \frac{R_{p1,0}}{1,2}; \frac{R_m}{3} \right) \right]$$

Siendo  $R_m/t$  la Resistencia a la tracción a temperatura de diseño y  $R_p$  el limite elástico del material a la temperatura de diseño.

$$f_d = \max. \left[ \frac{240}{1,5}; \min. \left( \frac{240}{1,2}; \frac{600}{3} \right) \right] = 200 \text{ MPa}$$

**- Cálculos del espesor de la envolvente:**

Para los cálculos de diseño se utilizará el método de diseño por formulas, descrito en la norma UNE EN 13445-3, en los capítulos 7 a 16.

Las siguientes ecuaciones se aplicaran siempre que e/de no sea superior a 0,16. Además se entiende que los equipos no van a ser sometidos a cambios de presión cíclicos, ya que en tal caso se deberían complementar con un análisis de fatiga.

El espesor mínimo de la envolvente cilíndrica se calculara a partir de una de las dos ecuaciones siguientes:

$$e = \frac{P \cdot Di}{2fz - P}$$

$$e = \frac{P \cdot De}{2fz + P}$$

Siendo:

P = Presión de cálculo (MPa o Kg/mm<sup>2</sup>)

De = Diámetro exterior de la envolvente (mm)

Di = Diámetro interior de la envolvente (mm)

f = Tensión nominal de cálculo (MPa o Kg/mm<sup>2</sup>)

z = Coeficiente de unión

$$P = 1,35 \text{ psig} = 110.691 \text{ Pa} = 1,10691 \text{ MPa}$$

$$D_i \text{ (si } R = 3,63 \text{ m) } (D_i = 7,26 \text{ m} = 7.260 \text{ mm})$$

$$f = 200 \text{ MPa}$$

$$z = 1$$

Se empleará la fórmula que contiene el diámetro interno, pues desconocemos el diámetro externo:

$$e = \frac{P \cdot D_i}{2fz - P} = \frac{1,10691 \cdot 7.260}{2 \cdot 200 \cdot 1 - 1,10691} = 20,146 \text{ mm}$$

Este espesor se incrementará en 1,5 mm para cubrir posibles efectos de la corrosión. Este margen será pequeño puesto que el material es resistente a la corrosión y el material contenido en el depósito no es excesivamente corrosivo. De ello quedará que el espesor es de 21,646 mm, valor de espesor que no se encuentra en el mercado, con lo cual se adoptará un valor sobredimensionado de 22 mm para el cálculo.

$$D_e = D_i + 2 \cdot e = 7.260 + 2 \cdot 22 = 7.304 \text{ mm}$$

$$D_m = \frac{D_i + D_e}{2} = 7.282 \text{ mm}$$

Finalmente se sustituye en la siguiente ecuación:

$$PS = \frac{2 \cdot f \cdot z \cdot e}{D_m} = \frac{2 \cdot 200 \cdot 1 \cdot 20,146}{7.282} = 1,1066 \text{ MPa}$$

La presión de diseño no puede ser inferior a la presión máxima admisible, pero en este caso es superior, por lo que puede darse el cálculo por finalizado.

**- Aberturas:**

Todos los recipientes deben de dotarse con aberturas de tamaño adecuado y en número suficiente para permitir el acceso a efectos de inspección y limpieza interna.

Los tipos, posición y número mínimo de aberturas de inspección necesarias para todos los recipientes, deben estar según lo indicado en la norma UNE EN 13445-5.

Dado que el depósito que se está diseñando tiene más de 1.200 mm de diámetro y más de 3.000 mm de altura, que son los límites que marca la norma, es necesario instalar en el depósito una boca de hombre.

Esta boca será de 400 mm de diámetro interno, para que pueda accederse al interior del depósito cuando se realicen tareas de mantenimiento.

**2.3.- DEPÓSITO PREVIO AL REACTOR BIOLÓGICO Y DEPÓSITO FINAL PREVIO AL VERTIDO AL MAR.**

Por un lado se pretende instalar un depósito previo al Reactor Biológico el cual se ha situado para que tenga un suministro constante en su corriente de entrada y no vaya a depender del resto de equipos de la instalación, ya que los microorganismos del sistema del Reactor Biológico necesitan del aporte de nutrientes proveniente del producto a tratar, que se hace indispensable para su correcto funcionamiento. El Reactor Biológico se ha supuesto que va a trabajar a  $1\text{m}^3/\text{h}$ , durante 16 horas. Y se pretende con este depósito que pueda funcionar sin que el resto de los equipos del sistema estén funcionando, con lo cual reduciríamos costes al tener parte de la instalación parada.

Para cumplir con los  $16\text{ m}^3$  al día que se estima que tratara el reactor, se ha considerado que un depósito de  $25\text{ m}^3$  es suficiente.

Por otro lado se tiene otro depósito, el cual pretende almacenar el producto una vez circulado por todo el sistema propuesto. Se pretende almacenar el producto previo al vertido al mar, para tener posibilidades de realizar análisis

de los parámetros del producto. Normalmente la normativa de vertidos obliga a realizar los vertidos al mar durante las horas en las que la marea está bajando. Lo que nos da unas 12 horas al día de vertido y otras 12 horas en las que se acumulara el producto, en dos series de 6 horas aproximadamente. Conociendo la capacidad de tratamiento que posee el Reactor Biológico, que trabaja a  $1\text{m}^3/\text{h}$ , tenemos que el depósito necesario sería cercano a los  $16\text{ m}^3$ , pero teniendo en cuenta que las horas de trabajo pueden no coincidir con las horas de vertido entonces se ha decidido sobredimensionar el equipo y seleccionar un depósito de  $25\text{ m}^3$  que de almacén al producto tratado previo a su vertido al mar. En este depósito se puede comprobar si el producto cumple las condiciones de vertido antes de realizarlo.

Los depósitos que se han elegido están fabricados en PRFV. (Polietileno reforzado con fibra de vidrio), ya que en este depósito no se almacenaran elementos corrosivos, ni a presión, y este material daría como resultado un recipiente más ligero, lo cual facilita el montaje, a la vez que resistente y de un bajo coste. Se diseñarán a continuación las medidas de los depósitos procediendo posteriormente a comprarlos a un proveedor de los mismos, los cuales desarrollarían en detalle la fabricación del mismo.

### **2.3.1.- CÁLCULO DEL DEPÓSITO.**

#### **- Dimensiones.**

Se montarán depósitos cilíndricos ya que son los que suponen unos costes, de fabricación y de montaje, menores.

Conociendo que el volumen que se quiere lograr en el recipiente, y aplicando la condición de superficie mínima de la envolvente, sin contar los fondos, se determinaran las medidas que minimizan la superficie necesaria.

A partir de las ecuaciones de volumen y superficie del cilindro:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot L$$

$$S = 2 \cdot \pi \cdot L + 2 \cdot \pi \cdot R^2$$

Donde V es el volumen, R el radio y L la longitud.

Sustituyendo:

$$S = \left(\frac{2V}{R}\right) + 2 \cdot \pi \cdot R^2$$

Derivando la ecuación y estableciendo la condición de superficie mínima:

$$\frac{dS}{dR} = -\left(\frac{2V}{R^2}\right) + 4\pi R = 0$$

Con lo cual, siendo  $V = 25 \text{ m}^3$ , se obtiene que  $R = 1,58 \text{ m}$

Ahora se calcularán la longitud a partir de la ecuación del volumen:

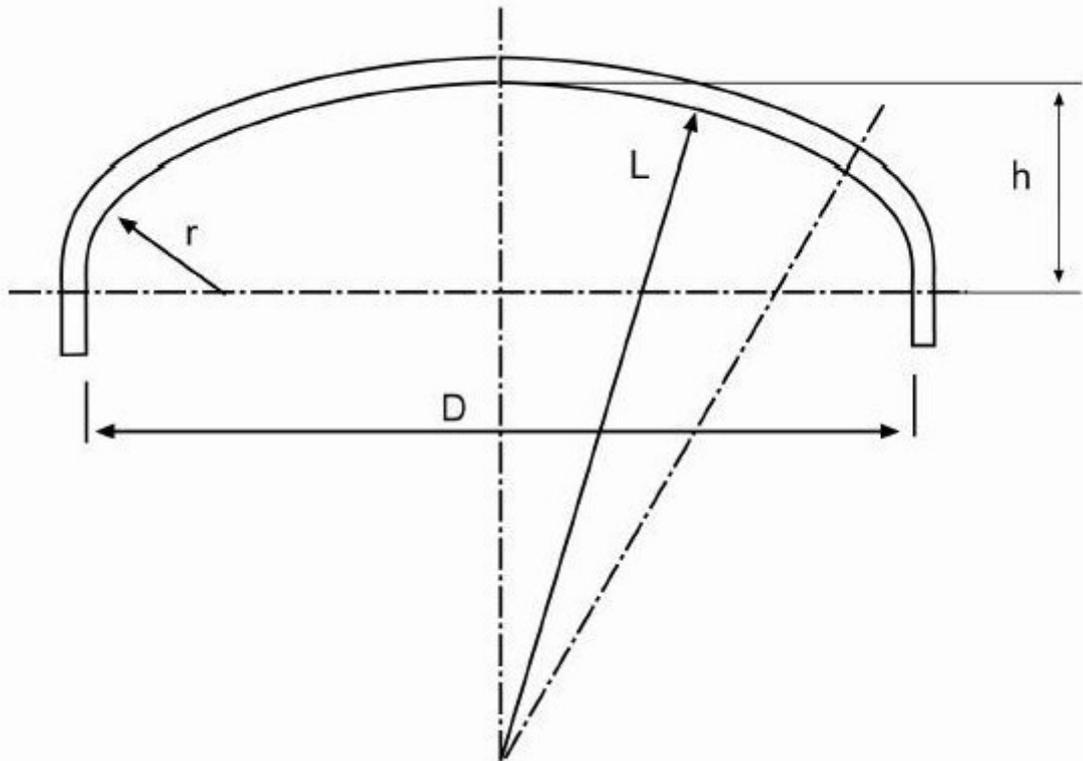
$$V = \pi \cdot R^2 \cdot L \quad \rightarrow \quad L = \frac{V}{\pi R^2} = \frac{25}{\pi \cdot 1,58^2} = 3,19 \text{ m}$$

Los depósitos se construirán con el fondo superior toriesférico, de tipo korbogen. Los fondos tipo korbogen son los de mayor aceptación en la industria debido a su bajo coste y a que soportan grandes presiones manométricas. El fondo inferior se construirá plano puesto que no se prevén deposiciones solidas en el fondo de los depósitos.

Para el cálculo del fondo toriesférico tipo korbogen se tienen las siguientes características específicas.

$$\frac{L}{D} = \alpha \quad \frac{r}{D} = \beta$$

Siendo  $\alpha = 0,8$  y  $\beta = 0,15$



La profundidad del fondo (h) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$h = \left[ \alpha - \sqrt{(\alpha - \beta)^2 - (0,5 - \beta)^2} \right] \cdot D$$

De ello se obtiene:

$$L = 0,8 \cdot D = 0,8 \cdot 1,58 \cdot 2 = 2,528 \text{ m}$$

$$r = 0,15 \cdot D = 0,15 \cdot 1,58 \cdot 2 = 0,474 \text{ m}$$

$$h = \left[ 0,8 - \sqrt{(0,8 - 0,15)^2 - (0,5 - 0,15)^2} \right] \cdot 1,58 \cdot 2 = 0,797 \text{ m}$$

De estos datos se obtienen las dimensiones características del depósito.

#### - Aberturas:

Todos los recipientes deben de dotarse con aberturas de tamaño adecuado y en número suficiente para permitir el acceso a efectos de inspección y limpieza interna.

Los tipos, posición y número mínimo de aberturas de inspección necesarias para todos los recipientes, deben estar según lo indicado en la norma UNE EN 13445-5.

Dado que el depósito que se está diseñando tiene más de 1.200 mm de diámetro y más de 3.000 mm de altura, que son los límites que marca la norma, es necesario instalar en el depósito una boca de hombre.

Esta boca será de 400 mm de diámetro interno, para que pueda accederse al interior del depósito cuando se realicen tareas de mantenimiento.

### 3.- CÁLCULO DESARENADOR-DESENGRASADOR.

El diseño del desarenador-desengrasador, se hará en base a los datos obtenidos de la bibliografía (Hernandez Lehman, 1997). Se establecen a continuación los caudales a considerar en el equipo:

Qmax	2	m <sup>3</sup> /h
Diámetro de partículas a eliminar	0,2	mm
Rendimiento del desarenador	85 %	

Datos de sedimentación de las partículas según la bibliografía:

<b>D mm</b>	<b>0,05</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Vs cm/s	0,2	0,7	2,3	4	5,6	7,2	15	27	35

Vs' cm/s	0	0,5	1,7	3	4	5	11	21	26
V <sub>H</sub> cm/s	15	22	27	32	38	42	60	83	100

En los que:

D = diámetro de la partícula de arena

V<sub>s</sub> = Velocidad de sedimentación, para un fluido de velocidad horizontal nula.

V<sub>s</sub>' = Velocidad de sedimentación, para un fluido de velocidad horizontal V<sub>H</sub>.

V<sub>H</sub> = Velocidad horizontal crítica de arrastre de la partícula depositada.

Se toma como valor de referencia de las partículas a sedimentar el diámetro de 0,2 mm pues serán las partículas más pequeñas que se encuentren en el fluido a separar.

El tiempo de retención válido para un desarenador simple estará comprendido entre 2,5 y 5 minutos. Se tomará 4 minutos de tiempo de retención para el cálculo del desarenador desengrasador, debido a que para la correcta separación de los hidrocarburos con un caudal medio de 1m<sup>3</sup>/h, este es el tiempo de residencia recomendado (según norma DIN 4040).

Sección transversal:

Se considera por condiciones de pared, la formación de líneas de corriente y que la relación entre la anchura de la sección (a) y la altura útil (h), debe estar comprendida ente:

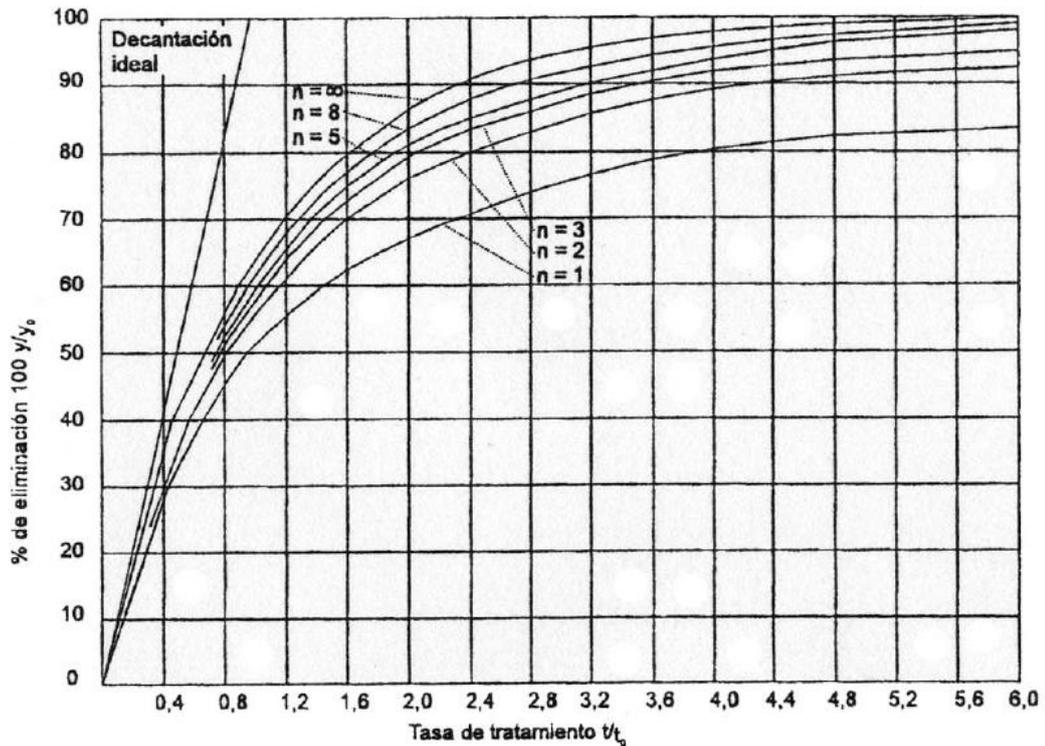
$$1 < \frac{a}{h} < 5$$

La sección transversal mínima teórica viene dada por:

$$\text{Sección transversal} = \frac{Q_{max}}{V_H} = \frac{0,0333}{0,27} = 0,123 \text{ m}^2$$

Como se ha explicado con anterioridad el tiempo de retención por motivos de separación de hidrocarburos será de 4 minutos, lo que es igual a 240 segundos.

Consultando las curvas de Hazen, que nos indican el rendimiento a obtener:



Siendo:

$t_0$  = Tiempo de sedimentación de las partículas en aguas en reposo, que coincide con  $h/V_s$ , es decir, indica el tiempo preciso para una determinada partícula con velocidad de sedimentación  $V_s$  para sedimentar desde una altura  $h$  del tanque.

$t$  = Tiempo preciso para atravesar el tanque de desarenado por una partícula dada con una probabilidad de sedimentar  $y/y_0$ , este valor realmente está indicando el tiempo de retención de una partícula en el desarenador:

$$t = \frac{\text{Volumen del tanque}}{\text{Caudal}}$$

Siendo:

$t/t_0$  = tasa de crecimiento

$y_0$  = cantidad de partículas de velocidad  $V_s$  sedimentadas

$y/y_0$  = porcentaje de partículas sedimentadas

El valor de  $n$  varía entre 1 y 8 y dependerá de los siguientes factores:

- Angulo de divergencia del canal de llegada.
- Cuidado de los deflectores para el canal de entrada.
- Influencia de las turbulencias generadas por el viento o temperatura del tanque.

Los valores recomendados por la bibliografía son los siguientes:

$y/y_0 = 85 \%$

Rendimiento  $n = 3$

Cruzando los valores recomendados por la bibliografía en la grafica de Hazen, obtenemos un valor de  $t/t_0 = 2,6$

$$\frac{t}{t_0} = 2,6 \rightarrow t_0 = \frac{t}{2,6} = \frac{240}{2,6} = 92,3 \text{ s}$$

Obtenemos que el tiempo de sedimentación de una partícula en reposo en el desarenador sea de 92,3 segundos.

### **Longitud del desarenador:**

El tiempo de sedimentación en reposo viene dado por el cociente entre la altura útil del desarenador y la velocidad de caída de la partícula en reposo:

$$t_0 = \frac{h}{V_s} \rightarrow h = t_0 \cdot V_s = 92,3 \cdot 0,017 = 1,57 \text{ m}$$

Siendo “h” la altura y “a” la anchura del desarenador, y teniendo en cuenta que la relación que se estableció de partida para la relación de altura sección,  $1 < \frac{a}{h} < 5$  conociendo la altura útil y estableciendo que la relación a/h sea 1,5:1 según recomienda la bibliografía, obtenemos la sección transversal:

$$S = h \cdot a = 2,35 \cdot 1,57 = 3,69 \text{ m}^2$$

Con esta nueva sección, conocido el caudal se determina el valor real de  $V_H$ :

$$V_H = \frac{Q_{max}}{\text{Sección transversal}} = \frac{0,0333}{3,69} = 0,009 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La longitud precisa del desarenador será entonces:

$$L = t \cdot V_H = 240 \cdot 0,009 = 2,16 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta las recomendaciones de la bibliografía que recomiendan que el valor de la longitud con respecto a la anchura del desarenador sea del orden entre 3:1 y 5:1, se considerará la longitud con una proporción de 4:1, quedando la longitud final del desarenador como 6,28 m.

Se comprueba la velocidad ascensional para comprobar que está por debajo de lo indicado en la bibliografía:

$$V_{ascensional} = \frac{2}{6,28 \cdot 1,57} = 0,203 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

Comparado con el valor de velocidad ascensional que nos proporciona la bibliografía que es de 36 m/h, se puede considerar que el valor está por debajo del límite fijado y el diseño es válido.

### **Cálculo de las necesidades de aireación:**

Las necesidades de aire a inyectar en el desengrasador, para lograr una acción de desemulsión de grasa pueden deducirse de la siguiente tabla que encontramos en la bibliografía:

S (m <sup>2</sup> )	3	4	5	6	7
C (Nm <sup>3</sup> /h/m)	4,5-10-5	6-11,5	7,5-13	9-14	10-15

S es la superficie transversal del desarenador-desengrasador.

C es el volumen de aireación en normal m<sup>3</sup>.

Como la superficie transversal del desarenador-desengrasador que se ha diseñado es de 3,69 m<sup>2</sup>, entonces interpolando los valores de la tabla se tiene que C oscilará entre 5,5 y 9,5 aproximadamente. Se tomará el valor intermedio de los dos. Quedando finalmente una necesidad de aireación de 7,5 Nm<sup>3</sup>/h por metro de desarenador-desengrasador.

$$\text{Volumen total de aireacion} = L \cdot C = 6,28 \cdot 7,5 = 45,53 \text{ Nm}^3 \text{ de } \frac{\text{aire}}{\text{h}}$$

Se instalará una soplante que pueda suministrar un caudal del aire de 45,53 Nm<sup>3</sup>/h por medio de difusores de placas cerámicos que se situarán ligeramente por encima de la base normal del desarenador-desengrasador.

Para calcular el número de difusores a colocar en el desarenador-desengrasador, se debe conocer el caudal de aire en condiciones reales. Emplearemos 30°C pues es la temperatura más desfavorable en caso de funcionar en verano, y una atmosfera de presión.

$$\frac{P \cdot Q}{T} = \frac{P' \cdot Q'}{T'}$$

$$\frac{1 \cdot 45,53}{273} = \frac{1 \cdot Q'}{303} \rightarrow Q' = 50,53 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Consultando un catalogo los difusores Aquatube de Europelec proporcionan un caudal medio de aire de 9 m<sup>3</sup>/h. Por ello se colocarán 6 difusores a lo largo de los 6,28 m que mide el desarenador-desengrasador, para proporcionar el aire necesario para el desemulsionado de las grasas del agua a tratar.

### 3.4.- CÁLCULO DEL REACTOR BIOLÓGICO.

Se procede a continuación al cálculo del reactor biológico. Primeramente se reproduce el diagrama de flujo del reactor biológico, y se explican cada una de las corrientes del mismo. Después se pasará a valorar las consideraciones de diseño así como las ecuaciones cinéticas.

Conociendo los siguientes datos, unos establecidos para lograr la producción anual, y otros obtenidos en la bibliografía consultada para el correcto funcionamiento del reactor diseñado se efectuarán los cálculos pertinentes en el diseño del reactor biológico.

- Alimentación inicial;  $Q_F = 16 \text{ m}^3/\text{d}$ , es el caudal que deberá tratar a lo largo del día.
- DBO soluble de la alimentación inicial;  $S_F = 900 \text{ mg DBO}_5/\text{l}$ , concentración del líquido a la entrada del reactor.
- Nitrógeno en la alimentación inicial;  $N_F = 200 \text{ mg/l}$ , concentración de nitrógeno en el líquido a la entrada del sistema.
- DBO soluble del efluente;  $S_e = 40 \text{ mg DBO}_5/\text{l}$ , concentración del líquido a la salida del proceso, teniendo en cuenta los límites de vertido establecidos por la junta y estableciendo un margen de seguridad bastante amplio.
- Nitrógeno en el efluente;  $N_e = 30 \text{ mg/l}$ , al igual que el límite de la DBO este también se establece con bastante margen.

Se procederá al cálculo atendiendo al criterio de escalamiento basado en la potencia del aireador necesario y siguiendo el siguiente procedimiento:

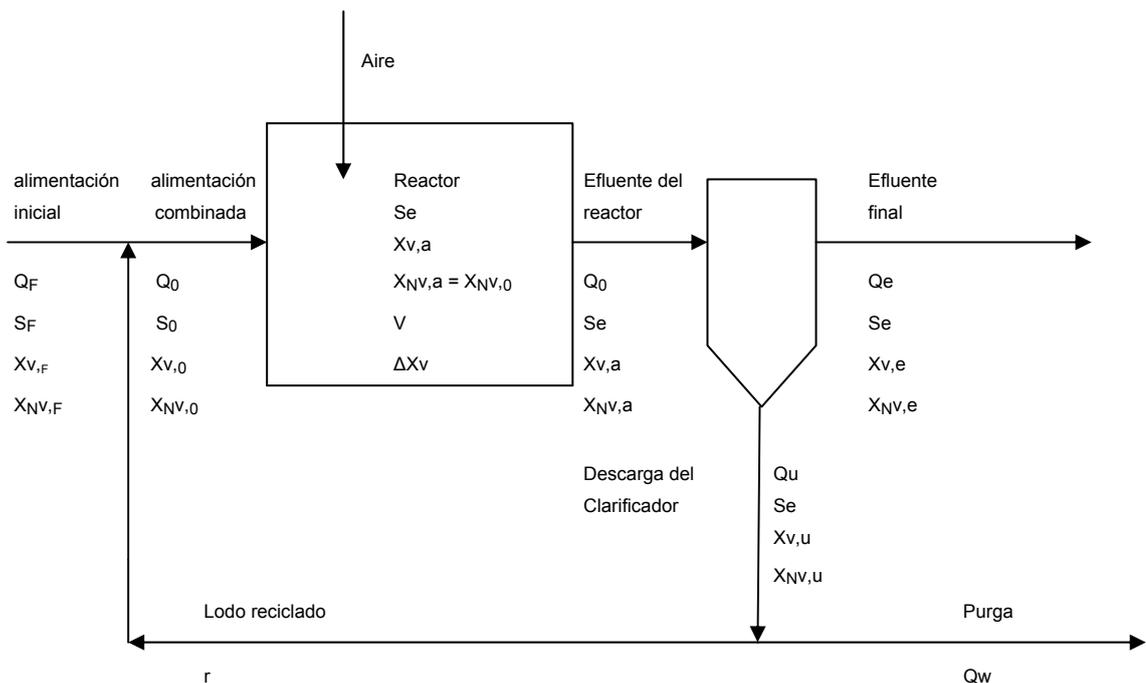
1. Se hace una estimación preliminar de la potencia del aireador, pues en base a esa potencia se estiman las temperaturas del líquido.
2. Se estiman las temperaturas de trabajo considerando que la temperatura en verano será de 30°C y en invierno 15°C.
3. En base a las temperaturas calculadas, se obtienen los parámetros:  $k$ ,  $K_d$  y  $b$ . Tanto para verano como para invierno.
4. Cálculo del tiempo de residencia según los datos disponibles.
5. Cálculo del volumen del reactor.
6. Cálculo de la relación de reciclado haciendo un balance al clarificador.
7. Cálculo de la edad del lodo.
8. Cálculo de la producción neta de lodos.
9. Cálculo de la carga másica y volumétrica.
10. Cálculo de las necesidades de oxígeno del reactor biológico, teniendo en cuenta el nitrógeno de la mezcla.
11. Por último se calcula la potencia de nuevo con los datos obtenidos y se evalúa si el resultado final coincide con los datos supuestos inicialmente.
12. Si el resultado difiere de la suposición inicial, se deberán volver a hacer todos los cálculos de nuevo.

Después de realizar todos estos cálculos, se procederá a completar el diagrama de flujo con todas las corrientes del sistema.

A continuación se estudiará si es necesaria la neutralización del producto, así como si es necesaria la alimentación de nutrientes a la mezcla.

## DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO.

En la figura se presenta un diagrama de flujo del reactor.



$Q_R$	$(VSS)_w$
$S_e$	$(NVSS)_w$
$X_{v,u}$	$(TSS)_w$
$X_{NV,u}$	$S_e$
	$X_{v,u}$
	$X_{NV,u}$

A continuación se definen los símbolos a los que hace referencia el diagrama de flujo:

### 1º Caudales

- $Q_F$  Alimentación inicial
- $Q_R$  Reciclado
- $r$  Relación de reciclado ( $r=Q_R/Q_F$ )
- $Q_0$  Alimentación combinada
- $Q_e$  Efluente final
- $Q_w$  Purga
- $Q_u$  Descarga del clarificador

### 2º Concentraciones de la DBO soluble:

- $S_F$  DBO soluble de la alimentación inicial
- $S_0$  DBO soluble de la alimentación combinada
- $S_e$  DBO soluble del efluente

### 3º Concentraciones de los sólidos volátiles en suspensión (VSS):

- $X_{V,F}$  VSS en la alimentación inicial
- $X_{v,o}$  VSS en la alimentación combinada
- $X_{v,a}$  VSS en el reactor
- $X_{v,u}$  VSS en la descarga del clarificador
- $X_{v,e}$  VSS en el efluente final

### 4º Concentraciones de los sólidos en suspensión no volátiles (NVSS):

- $X_{NV,F}$  NVSS en la alimentación inicial
- $X_{NV,0}$  NVSS en la alimentación combinada
- $X_{NV,a}$  NVSS en el reactor
- $X_{NV,u}$  NVSS en la descarga del clarificador
- $X_{NV,e}$  NVSS en el efluente final

5° Purga:

(VSS)<sub>w</sub>      VSS en la purga

(NVSS)<sub>w</sub>     NVSS en la purga

(SST)<sub>w</sub>      SST en la purga

**CONSIDERACIONES DE DISEÑO.** Las composiciones de las diferentes corrientes están caracterizadas por tres tipos de concentraciones:

***DBO soluble:***

La alimentación inicial, esto es el agua residual a tratar, penetra en el proceso con un valor de DBO soluble que se indica por  $S_F$ . El objetivo del tratamiento es reducir ese valor hasta  $S_e$  mediante oxidación por degradación biológica aerobia de la materia orgánica del agua residual.

En el proceso de aireación prolongada se logra un rendimiento en el consumo de DBO soluble del 95-98%.

La alimentación inicial se combina con lodo reciclado y entra en el reactor como alimentación combinada.

Las dos suposiciones fundamentales que se utilizaran para el cálculo del reactor de aireación prolongada son que se opera en condiciones de estado estacionario y que el flujo en el interior del sistema puede considerarse que es mezcla completa. El lodo se considera que esta en estado de mezcla completa debido a la agitación proporcionada por el aire soplado en el sistema.

La concentración de DBO soluble en el liquido del reactor se simboliza por  $S_e$ . Bajo condiciones de estado estacionario y mezcla completa, la concentración de la DBO soluble en el efluente del reactor es igual a  $S_e$ .

El efluente del reactor pasa al clarificador secundario. La concentración de DBO soluble es la misma en la descarga del clarificador y en el efluente final, esto es,  $S_e$ . La descarga del clarificador se divide en dos corrientes: purga y lodo reciclado. Para estas dos corrientes, la concentración de DBO soluble tiene el mismo valor,  $S_e$ . La corriente de lodo reciclado se combina con la alimentación inicial para formar la alimentación combinada.

### ***Sólidos volátiles en suspensión (VSS):***

En régimen estacionario, la concentración de lodo biológico en el reactor se mantiene constante en todo momento. En el proceso de aireación prolongada esta concentración, simbolizada por  $X_{v,a}$ , está comprendida normalmente entre 3.500 y 5.000 mg/l. Se adoptara un valor medio de 4.250 mg/l de  $X_{v,a}$ . Ya que se trabaja en condiciones de mezcla completa en el reactor, los sólidos en suspensión en el corresponden a MLVSS (sólidos volátiles en suspensión en licor de mezcla). Análogamente los sólidos en suspensión no volátiles en el reactor, estando también completamente mezclados, se indican por MLNVSS (sólidos no volátiles en suspensión en licor de mezcla). Los sólidos totales en suspensión en el reactor se indican mediante MLSS. Por lo tanto:

$$MLSS = MLVSS + MLNVSS$$

La concentración de VSS en la alimentación inicial ( $X_{v,f}$ ) es despreciable en muchos casos, ya que en esta etapa no se ha efectuado una cantidad apreciable de aireación. Los VSS se producen continuamente en el reactor debido a la síntesis de materia biológica y se purgan continuamente en el efluente.

Con objeto de mantener una concentración constante de MLVSS en el reactor, la mayor parte de la descarga del clarificador se recicla a cabeza.

Debido a la síntesis de materia biológica, hay una producción neta de MLVSS en el reactor ( $\Delta X_v$  kg/d).

Por lo tanto, para mantener constante la concentración de MLVSS en el reactor en todo momento, es necesario purgar del sistema una masa de MLVSS (kg/d) igual a esta producción neta de  $\Delta X_v$ . Esto se lleva a cabo principalmente mediante la purga intencionada de algo de lodo. Algo de VSS se pierde también en el efluente final.

La concentración de VSS en el efluente del reactor es  $X_{v,a}$ , ya que se suponen condiciones de estado estacionario y de mezcla completa.

El efluente del reactor fluye al clarificador secundario. La descarga de este último es un lodo que contiene una concentración de VSS representada por  $X_{v,u}$  ( $X_{v,u} > X_{v,a}$ ). Normalmente  $X_{v,u}$  tiene valores comprendidos entre 10.000 y 15.000 mg/l de VSS. La concentración de sólidos totales en suspensión en la descarga del clarificador secundario,  $X_u$ , puede estimarse suponiendo que no hay sólidos en suspensión perdidos en el rebosadero del clarificador y que la concentración de lodos es equivalente a la que se alcanza después de 30 minutos de decantación en una probeta de laboratorio. De esta forma:

$$X_u \approx \frac{1}{IVL} \text{ g/ml} \quad \rightarrow \quad X_u \approx \frac{10^6}{IVL} \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Siendo IVL, índice volumétrico del lodo, que se define como el volumen en mililitros ocupado por 1 gramo de sólidos en suspensión del licor mezclado (MLSS), expresado en peso seco, después de sedimentar y durante 30 minutos en una probeta graduada de 1.000 ml.

Para estimar la concentración de sólidos volátiles en suspensión para la línea de reciclado ( $x_{v,u}$ ) la ecuación anterior se modifica como sigue:

$$X_{v,u} \approx \frac{MLVSS}{MLSS} \cdot \frac{10^6 \text{ mg}}{IVL \text{ l}}$$

La relación (MLVSS/MLSS) de sólidos volátiles a sólidos totales está comprendida normalmente dentro del intervalo 0,8 a 0,9, esto es, que del 80 al 90% de los sólidos en suspensión, son volátiles.

El intervalo recomendado para el IVL en la aireación prolongada está entre 50 y 100 ml/g.

Teniendo en cuenta las recomendaciones de la bibliografía, se tomará un valor de IVL de 75 por ser el valor medio del intervalo citado, y un valor de la relación (MLVSS/MLSS) de 0,8, por ser el valor que menos sólidos en suspensión volátiles presenta dentro de los rangos habituales.

El valor de  $X_{v,u}$  quedaría así:

$$X_{v,u} \approx \frac{10.666,67 \text{ mg}}{\text{l}} \approx \frac{10.667 \text{ mg}}{\text{l}} \rightarrow X_u \approx 13.333 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Las concentraciones de VSS en la purga y en el lodo reciclado son asimismo iguales a  $X_{v,u}$ . En la bibliografía se nos da muestra que el efluente final del clarificador secundario de los procesos de lodos activos, produce una cantidad de lodos inferior a 20 mg/l. La concentración de sólidos totales en suspensión,  $X_e$  en el proceso de aireación prolongada es inferior a 70 mg/l, valor más alto que el correspondiente al proceso de lodos activos, esto es debido a que en el caso de aireación prolongada, las células no viables decantan con dificultad, y por lo tanto salen inevitablemente en el efluente final.

Un inconveniente que presenta el proceso de aireación prolongada, es la presencia de pequeños flóculos en el agua tratada que impide garantizar desde el punto de vista de las materias en suspensión, una calidad tal que se alcance una concentración inferior a 20 mg/l de sólidos en suspensión de forma continua.

Teniendo en cuenta estas referencias bibliográficas, se supondrá que los sólidos en suspensión presentes en el efluente final, tienen un valor de 30

mg/l. Si se estima que la concentración de NVSS en el efluente final, normalmente despreciable, es  $X_{nv,e} \approx 1$  mg/l, entonces la concentración de sólidos en suspensión volátiles es igual a  $X_{v,e} = 29$  mg/l.

**Sólidos no volátiles en suspensión (NVSS):**

La concentración de MLNVSS en el reactor se indica por  $X_{nv,a}$  y es igual a la existente en la alimentación combinada y en el efluente del reactor. Esto es así debido a que se supone mezcla completa y a que no hay producción de NVSS en el reactor (a diferencia de la producción neta de VSS). Por ello,

$$X_{nv,a} = X_{nv,0}$$

La mayor parte de los NVSS del efluente del reactor se separarán asimismo mediante sedimentación en el clarificador secundario.

**RELACIONES CINÉTICAS.**

El estudio de la cinética del tratamiento biológico aerobio conduce a determinar la velocidad a la cual los microorganismos degradan un residuo específico y por lo tanto suministran la información básica necesaria para desarrollar el tamaño de los reactores biológicos aerobios. Este estudio se lleva a cabo convenientemente en un reactor de laboratorio discontinuo.

Los datos cinéticos obtenidos del reactor discontinuo se reflejan en la ecuación Michaelis-Menten.

$$q = q_{max} \cdot \frac{S_e}{K_s + S_e}$$

Existen dos corolarios importantes de esta ecuación de Michaelis-Menten, utilizándose normalmente el segundo para el diseño del reactor biológico en continuo.

- A concentraciones elevadas de sustrato, la cinética de la ecuación es de orden 0. En este caso,  $S_e \gg K_s$  y por tanto la ecuación resulta ser:

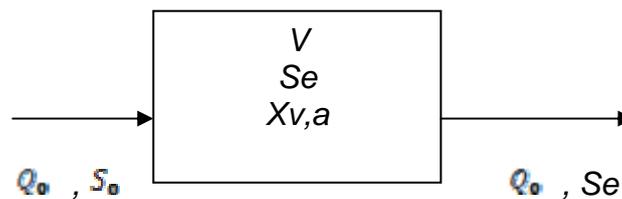
$$q = q_{max}$$

- A concentraciones bajas del sustrato sigue una cinética de primer orden:  $K_s \gg S_e$ , entonces la ecuación resulta ser:

$$q = \frac{q_{max}}{K_s} \cdot S_e$$

### Formulación del reactor biológico continuo.

Considérese el reactor biológico continuo que opera bajo régimen estacionario y mezcla completa:



El balance de materia del sustrato que entra y abandona el reactor puede escribirse como sigue:

$$\left( \text{Velocidad neta de cambio en el reactor} \right) = \left( \text{Velocidad a la que el sustrato entra en el reactor} \right) - \left( \text{Velocidad a la que el sustrato sale del reactor} \right)$$

Bajo régimen estacionario, la concentración de sustrato en el reactor permanece constante y por tanto el primer miembro de la ecuación anterior desaparece:

$$0 = Q_o \cdot S_o - Q_e \cdot S_e - \left( \frac{dS}{dt} \right) \cdot V \quad (1)$$

De la que:

$$-\left(\frac{dS}{dt}\right) = \frac{Q_0 \cdot (S_0 - S_e)}{V} \quad (2)$$

Como la derivada  $\left(\frac{dS}{dt}\right)$  es intrínsecamente negativa, en lo que sigue se utilizara su valor absoluto, indicado mediante  $\left(\frac{dS}{dt}\right)_a$ :

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)_a = \frac{Q_0 \cdot (S_0 - S_e)}{V} \quad (3)$$

Normalmente la velocidad de consumo de sustrato se expresa por la unidad de masa de MLVSS presente en el reactor. Esta cantidad, representada por  $q$ , se denomina velocidad específica de consumo de sustrato, y se define mediante:

$$q = -\frac{1}{Xv,a} \cdot \left(\frac{dS}{dt}\right) = \frac{1}{Xv,a} \cdot \left(\frac{dS}{dt}\right)_a \quad (4)$$

Combinando las ecuaciones (4) y (3):

$$q = \frac{1}{Xv,a} \cdot \left(\frac{dS}{dt}\right)_a = \frac{Q_0 \cdot (S_0 - S_e)}{V \cdot Xv,a} \quad (5)$$

Dado que:

$$t_h = \frac{V}{Q_0} = \text{tiempo de retención hidráulico en el reactor} \quad (6)$$

La ecuación (5) queda:

$$q = \frac{1}{Xv,a} \cdot \left(\frac{dS}{dt}\right)_a = \frac{(S_0 - Se)}{Xv,a \cdot t_h} \quad (7)$$

La velocidad específica de consumo de sustrato (q) corresponde a la velocidad de consumo de sustrato en el reactor continuo por unidad de masa de MLVSS presente en el reactor. Las unidades son:

$$\frac{(S_0 - Se)}{Xv,a \cdot t_h} = \frac{\left(\frac{mg}{l}\right) DBOconsumida}{\left(\frac{mg}{l}\right) SSVLM \cdot dia} = \frac{mg DBOconsumida}{mg SSVLM \cdot dia} = \frac{Kg DBOconsumida}{Kg SSVLM \cdot dia}$$

Para la aplicación de la ecuación (7), es necesario decidir qué modelo

cinético se va a utilizar para  $\left(\frac{dS}{dt}\right)_a$ . La ecuación de Michaelis-Menten proporciona una representación general de la cinética del consumo de sustrato, y para una concentración baja de sustratos, se supondrá que el modelo sigue una cinética de primer orden, esto es:

$$\left(\frac{dS}{dt}\right)_a = K \cdot Se \quad (8)$$

Bajo la suposición de la cinética de primer orden, la ecuación (8) queda:

$$q = \left(\frac{1}{Xv,a}\right)_a \cdot K \cdot Se = \frac{(S_0 - Se)}{Xv,a \cdot t_h} \quad (9)$$

Ya que la concentración de MLVSS en estado estacionario (Sv,a) viene fijada por una operación específica del reactor continuo, la relación K / Xv,a es una constante que se denotará mediante k, quedando la ecuación (9) de la siguiente forma:

$$q = \frac{(S_0 - Se)}{Xv,a \cdot t_h} = k \cdot Se \quad (10)$$

La ecuación (10) indica que la velocidad específica de consumo de sustrato es proporcional a la concentración de sustrato (cinética de primer orden).

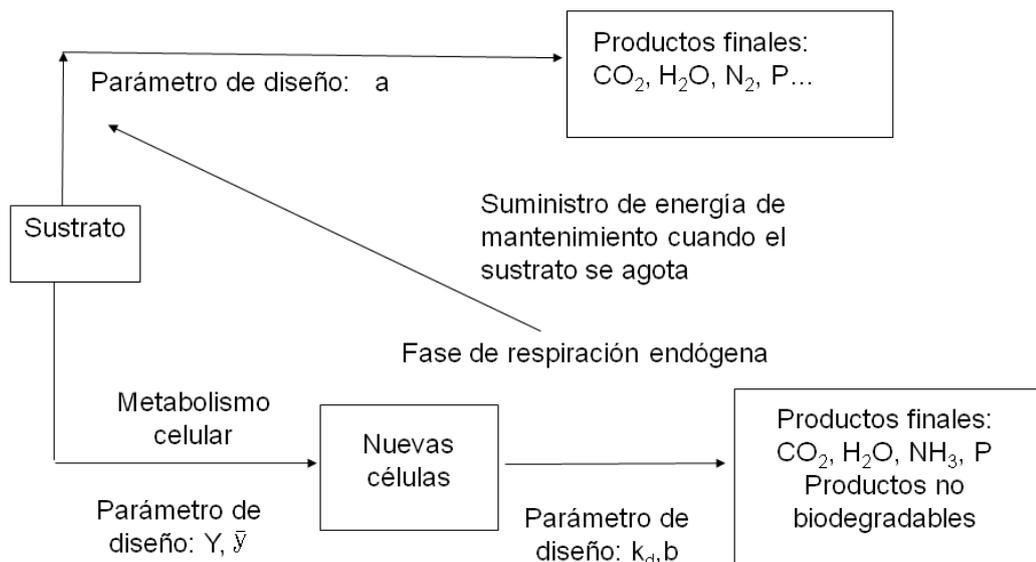
## BALANCES DE MATERIA.

Es imprescindible conocer la producción de MLVSS y el consumo de oxígeno para diseñar los reactores biológicos aeróbicos.

Para obtener modelos matemáticos que conduzcan a la determinación de estos valores, se definen los siguientes parámetros biocinéticos:  $\bar{Y}$ ,  $Y$ ,  $K_d$ ,  $a$  y  $b$ .

De forma esquemática se representa el mecanismo de la degradación biológica aerobia de un sustrato.

### Metabolismo energético



El sustrato se consume durante el proceso biológico de dos formas:

- **Metabolismo celular (Fase de síntesis):** Parte de sustrato, después de haber sido consumido como alimento por los microorganismos, se utiliza para sintetizar nuevas células de microorganismos, lo que conduce a un aumento de la biomasa.

- Metabolismo energético (oxidación del sustrato para proporcionar la energía de mantenimiento). El sustrato restante se oxida, siendo los productos finales fundamentalmente dióxido de carbono y agua.

### **Parámetro $\bar{Y}$ (metabolismo celular).**

Se define como la fracción de sustrato consumido que se utiliza para la síntesis celular:

$$\bar{Y} = \frac{\text{kg de sustrato consumido utilizado para la síntesis}}{\text{kg de sustrato total consumido.}}$$

Este parámetro no aparece en la formulación final de los procesos aerobios. En su lugar se utiliza el parámetro Y (producción celular).

### **Parámetro a (metabolismo energético mediante oxidación de sustrato).**

Se define como la fracción de sustrato consumido utilizado para la producción de energía mediante la oxidación del sustrato. Por lo tanto:

$$\bar{Y} + a = 1$$

En la que:

$$a = \frac{\text{kg de sustrato consumido utilizado para el metabolismo energético}}{\text{kg de sustrato total consumido}}$$

### **Parámetro Y (metabolismo celular).**

Representa la producción de lodo biológico por kilogramo de sustrato total consumido.

$$Y = \frac{\text{kg de MLVSS producidos}}{\text{kg de sustrato total consumido.}}$$

### Parámetros de diseño correspondientes a la respiración endógena.

Se definen dos parámetros de diseño,  $k_d$  y  $b$ , correspondientes a la fase de respiración endógena. La respiración endógena supone la oxidación de la materia celular con objeto de proporcionar energía para el mantenimiento de los microorganismos cuando la fuente externa de materia orgánica (sustrato) ha sido consumida.

#### Parámetro $k_d$ (respiración endógena).

El parámetro  $k_d$  (dimensiones: tiempo<sup>-1</sup>) se define como la fracción de MLVSS por unidad de tiempo oxidada durante el proceso de respiración endógena.

$K_d$  se denomina coeficiente de descomposición microbiana. Por lo tanto:

$$k_d = \frac{\text{kg MLVSS oxidados}}{d \cdot \text{kg MLVSS en el reactor}}$$

#### Parámetro $b$ .

El parámetro  $b$  (dimensiones: tiempo<sup>-1</sup>) se define como los kilogramos de oxígeno utilizado por día por kilogramo de MLVSS en el reactor en el proceso de respiración endógena, esto es:

$$b = \frac{\text{kg } O_2}{d \cdot \text{kg MLVSS en el reactor}}$$

Una vez definidos los parámetros biocinéticos, debe hacerse una observación importante: mientras que los parámetros  $a$  e  $Y$  son relaciones,

$K_d$  y  $b$  son velocidades. El tiempo no aparece en las definiciones de  $Y$  y  $a$ , pero si en las de  $k_d$  y  $b$ .

### **Balance de materia para determinar el consumo de oxígeno.**

El conocimiento de las necesidades de oxígeno para efectuar un consumo específico de DBO resulta imprescindible a la hora de diseñar el equipo de aireación. Se requiere oxígeno con dos fines:

- Oxígeno requerido para oxidar en sustrato:

$$\frac{kg O_2}{d} = a \cdot (S_0 - S_e) \cdot Q_0$$

- Oxígeno requerido en la respiración endógena:

$$\frac{kg O_2}{d} = b \cdot X_v \cdot a \cdot V$$

El consumo total de oxígeno será:

$$\frac{kg O_2}{d} = a \cdot (S_0 - S_e) \cdot Q_0 + b \cdot X_v \cdot a \cdot V$$

Debe tenerse en cuenta que no incluye el oxígeno empleado en la nitrificación.

### **Balance de materia para la determinación de la producción neta de biomasa MLVSS.**

- Biomasa producida por consumo de sustrato:

$$\frac{kg MLVSS}{d} = Y \cdot (S_0 - S_e) \cdot Q_0$$

- Biomasa perdida en la respiración endógena:

$$\frac{\text{kg MLVSS}}{d} = k_d \cdot X_{v,a} \cdot V$$

La producción neta de MLVSS se obtiene por diferencia entre los MLVSS producidos y la cantidad perdida por respiración endógena. Esta producción neta en kg/d se indica mediante  $\Delta X_v$ :

$$\Delta X_v = Y \cdot (S_0 - S_e) \cdot Q_0 - k_d \cdot X_{v,a} \cdot V$$

En el proceso convencional de lodos activos esta ecuación es la que se suele utilizar.

En las plantas de aireación prolongada, la producción de lodos es teóricamente nula, cosa que en la práctica no sucede así. Parte del lodo no es biodegradable y en consecuencia se acumula. La producción neta de lodo debe eliminarse.

En aireación prolongada  $\Delta X_v$  corresponde a células no biodegradables, que

son aproximadamente el 23% del lodo formado. Si  $\Delta X_{v,f} \approx 0$ ,  $\Delta X_v$  se

expresa con la siguiente ecuación:

$$\Delta X_v = (1 - \phi) \cdot Y \cdot (S_F - S_e) \cdot Q_F - Q_e \cdot X_{v,e}$$

**Datos de diseño.**

$$Q_F = 16 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$S_F = 900 \text{ mg DBO}_5/\text{l}$$

$$N_F = 200 \text{ mg/l}$$

**Datos de la calidad del efluente.**

$$S_e = 40 \text{ mg DBO}_5/\text{l}$$

$$N_e = 30 \text{ mg/l}$$

**Calculo de la DBO soluble en el efluente.**

La DBO<sub>5</sub> total en el efluente será la suma de la que se encuentra en forma soluble y la que corresponda a los sólidos en suspensión que lleve este.

$$DBO_5 \text{ total} = DBO_5 \text{ soluble} + DBO_5 \text{ de los SST}$$

La  $DBO_5$  de los SST se calcula de la siguiente forma:

- La fracción biodegradable de los sólidos biológicos del efluente:

Sabiendo que el efluente contiene 30 mg/l de sólidos biológicos, y dado que el 23% del lodo formado corresponde a células no biodegradables, el 77% son biodegradables. Se procede al cálculo:

$$\text{Fracción biodegradable de los sólidos biológicos en el efluente} = 0,77 \cdot 30 = 23,1 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

- $DBO_L$  de los sólidos biodegradables del efluente:

Teniendo en cuenta que por cada mg de célula oxidada se consumen 1,42 mg de  $O_2$ :

$$DBO_5 \text{ última de los sólidos biodegradables del efluente} = 23,1 \cdot 1,42 = 32,8 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

- $DBO_5$  de los SST del efluente:

Sabiendo que la relación  $DBO_5 / DBO_L = 0,68$ :

$$DBO_5 \text{ de los SST del efluente} = 32,8 \cdot 0,68 = 22,3 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Luego:

$$DBO \text{ soluble} = 40 - 22,3 = 17,7 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

**Calculo de la  $DBO_5$  consumida.**

$$\frac{\text{Kg } DBO_5}{\text{d}} = Q_F \cdot (S_F - S_e)$$

$$\frac{\text{Kg } DBO_5}{\text{d}} = 16 \cdot (900 - 40) = 13.76$$

Sustituyendo los datos en esta ecuación se obtienen los kg de DBO<sub>5</sub> consumidos al día: Kg DBO<sub>5</sub>/d = 13,76

### Estimación preliminar de la potencia.

Se debe estimar la potencia del compresor para poder empezar a realizar los cálculos del reactor biológico. Se estima esta potencia empleando la siguiente fórmula.

$$Potencia = HP = \frac{Q_F \cdot (S_F - S_e)}{\alpha}$$

$$HP = \frac{16 \cdot (900 - 40)}{21} = 0,65 CV$$

En la que  $\alpha$  es un parámetro cuyo valor oscila en el rango de 20 a 22.

La regla de estimación rápida de la potencia requerida establece que en las plantas de lodos activos se consumen diariamente de 20 a 22 kg de DBO<sub>5</sub> por HP.

A partir de esta expresión se estima el valor de la potencia, suponiendo un factor de 21:

$$HP = 0,65 CV$$

Esta estimación se verificara más adelante, donde se calcula la potencia real del compresor. Si no coincide el valor real con el estimado, se seguirá un procedimiento iterativo hasta alcanzar la convergencia deseada.

### Ecuación aproximada para el cálculo de T<sub>w</sub>.

	Invierno	Verano
T <sup>a</sup> ambiente (T <sub>a</sub> )	15°C	30°C

Tª media del agua (T <sub>F</sub> )	25°C	25°C
-------------------------------------	------	------

La temperatura del licor de mezcla en el reactor habitualmente se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$T_w = \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot Q_F \cdot T_F + 1134 \cdot (HP) \cdot T_a}{3,6 \cdot 10^6 Q_F + 1134 \cdot (HP)}$$

$$T_{w \text{ Invierno}} = (3,6 \cdot 10^6 \cdot (16/(3600 \cdot 24)) \cdot 25 + 1134 \cdot (0,65) \cdot 15) / (3,6 \cdot 10^6 \cdot (16/(3600 \cdot 24)) + 1134 \cdot 0,65)$$

$$T_{w \text{ Verano}} = (3,6 \cdot 10^6 \cdot (16/(3600 \cdot 24)) \cdot 25 + 1134 \cdot (0,65) \cdot 30) / (3,6 \cdot 10^6 \cdot (16/(3600 \cdot 24)) + 1134 \cdot 0,65)$$

Sustituyendo los datos resulta:

Verano	T <sub>w</sub> = 28°C
Invierno	T <sub>w</sub> = 20°C

Esta estimación preliminar se comprobara más adelante. El procedimiento iterativo al que se ha hecho referencia en el apartado anterior, tiene en cuenta la convergencia de los valores de HP y T<sub>w</sub>.

### Efecto de la temperatura de la balsa de aireación sobre los parámetros biocinéticos.

Elegimos un modelo cinético de primer orden. Los parámetros más importantes se obtienen de la bibliografía.

	Parámetro	Unidades	Valor
k	Cte. Velocidad consumo sustrato	$\frac{l}{mg \text{ MLVSS} \cdot día}$	0,051
Y	Coef. Rendimiento para biomasa	$\frac{mg \text{ SSV}}{mg \text{ DBO}_5}$	0,48

$k_d$	Coef. Respiración endógena	día <sup>-1</sup>	0,045
a	Coef. Consumo O <sub>2</sub> biomasa	---	1,045
b	Coef. Consumo O <sub>2</sub> respiración endógena	$\frac{mg\ O_2}{mg\ MLVSS \cdot día}$	0,064

Calculamos los valores de los parámetros biocinéticos para la temperatura de trabajo, según la ecuación de Arrhenius:

$$K_T = K_{20} \cdot \theta^{T-20}$$

Para el cálculo de k:

$$K_{T_w} = K_{20} \cdot \theta^{T_w-20} \quad (1,0 < \theta < 1,135)$$

Suponemos un valor de  $\theta = 1,05$

$$K_{T_{\text{verano}}} = 0,051 \cdot 1,05^{28-20} = 0,075$$

$$K_{T_{\text{invernal}}} = 0,051 \cdot 1,05^{20-20} = 0,051$$

Para el cálculo de  $K_d$ :

$$K_{d,T_w} = K_{d,20} \cdot \theta^{T_w-20} \quad (1,03 < \theta < 1,06)$$

Suponemos un valor de  $\theta = 1,05$

$$K_{d,T_{\text{Verano}}} = 0,045 \cdot 1,05^{28-20} = 0,066$$

$$K_{d,T_{\text{Invierno}}} = 0,045 \cdot 1,05^{20-20} = 0,045$$

Para el cálculo de b:

$$b_{T_{\text{w}}} = b_{20} \cdot \theta^{T_{\text{w}}-20} \quad (1,03 < \theta < 1,06)$$

Suponemos un valor de  $\theta = 1,05$

$$b_{T_{\text{Verano}}} = 0,064 \cdot 1,05^{28-20} = 0,094$$

$$b_{T_{\text{Invierno}}} = 0,064 \cdot 1,05^{20-20} = 0,064$$

Se supone que los parámetros a e Y son independientes de la temperatura.

A partir de estas ecuaciones los valores de los parámetros biocinéticos son:

	T = 20°C	Verano T = 28°C	Invierno T= 20°C
k $\frac{l}{(\text{mg MLVSS} \cdot \text{día})}$	0,051	0,075	0,051
$k_d$ (día <sup>-1</sup> )	0,045	0,066	0,045
b $\frac{\text{mg } O_2}{(\text{mg MLVSS} \cdot \text{día})}$	0,064	0,094	0,064

### Cálculo del tiempo de residencia.

El tiempo de residencia en el reactor se calcula mediante el criterio de la calidad del efluente, que debe cumplir con las especificaciones impuestas por las autoridades. Esto es así para las aguas residuales de difícil biodegradabilidad. Los residuos MARPOL se considera que se clasificarían en esta modalidad, frente a los de fácil biodegradabilidad como por ejemplo serían los residuos de azucareras. El tiempo de residencia calculado según la ecuación mostrada, probablemente controlara el diseño del reactor. La calidad de efluente depende del consumo de DBO soluble.

Para el caso de nuestro reactor, en el que estamos considerando una cinética de primer orden:

$$t = \frac{\phi \cdot Y \cdot (S_F - S_e)}{K_d \cdot X_{v,a}}$$

$S_F$ : mg DBO/l alimentación inicial

$S_e$ : mg DBO/l en el efluente

$K_d$ : Coeficiente de respiración endógena

$Y$ : Coeficiente de rendimiento para biomasa.

$\phi$  : MLVSS biodegradable producido por kg de MLVSS producido

$X_{v,a}$ : VSS en el reactor (mg/l)

El tiempo de residencia calculado se hace en función del consumo de DBO a la temperatura que se considera que es efectiva en invierno. Pues es el valor que controla el proceso, y además es la más desfavorable para el diseño.

Se estima que el valor de  $K_d$  a la temperatura de 20° C considerada en invierno será de 0,045 d<sup>-1</sup>.

$$\phi = 0,77$$

$$Y = 0,48$$

$$SF = 900$$

$$S_e = 40$$

$$X_{v,a} = 4250 \text{ VSS en el reactor}$$

Resolviendo la ecuación:

$$t = \frac{0,77 \cdot 0,48 \cdot (900 - 40)}{0,045 \cdot 4250} = 1,66 \text{ días}$$

Tenemos  $t = 1,66$  días.

La elección final de un tiempo de residencia de diseño se hace con el objetivo de conseguir un consumo adecuado de la DBO soluble, lo que es lo mismo que una calidad del efluente aceptable.

### **Cálculo del volumen del reactor.**

Una vez elegido el tiempo de residencia de diseño se calcula el volumen del reactor con la ecuación:

$$V = Q_f \cdot t = 16 \cdot 1,66 = 26,56$$

Teniendo en cuenta que el caudal aportado es de  $16 \text{ m}^3 / \text{día}$  nos da un volumen del reactor de  $26,56 \text{ m}^3$ .

### **Cálculo de la relación de reciclado.**

Para obtener la relación de reciclado ( $r$ ), se establece un balance de materia de los VSS alrededor del clarificador:

#### **VSS que entran (kg/d)**

$$\text{VSS en el efluente del reactor} = Q_0 \cdot X_{v,a}$$

$$\text{Teniendo en cuenta que: } Q_0 = Q_F (r+1)$$

$$\text{Se obtiene: } Q_F \cdot (r+1) \cdot X_{v,a}$$

**VSS que salen (kg/d)**

VSS en el efluente del clarificador =  $Q_e \cdot X_{v,e}$

VSS en la corriente de purga =  $\Delta X_v + Q_F \cdot X_{v,F} - Q_e \cdot X_{v,e}$

VSS en el lodo reciclado =  $Q_R \cdot X_{v,u} = r \cdot Q_F \cdot X_{v,u}$

Por ello, en condiciones de estado estacionario:

$$Q_F \cdot (r + 1) \cdot X_{v,a} = Q_e \cdot X_{v,e} + \Delta X_v + Q_F \cdot X_{v,F} \quad | \quad Q_e \cdot X_{v,e} + r \cdot Q_F \cdot X_{v,u}$$

Simplificando y despejando r:

$$r = \frac{Q_F \cdot X_{v,a} - \Delta X_v - Q_F \cdot X_{v,F}}{Q_F \cdot (X_{v,u} - X_{v,a})}$$

Sustituyendo la expresión de  $\Delta X_v$  en esta ecuación, despreciando  $X_{v,F}$  y  $X_{v,e}$  se llega, después de simplificar, a :

$$r = \frac{X_{v,a} - [(1 - \phi) \cdot Y \cdot (S_F - S_e)]}{X_{v,u} - X_{v,a}}$$

$$r = \frac{4250 - [(1 - 0,77) \cdot 0,48 \cdot (900 - 40)]}{10667 - 4250} \approx 0,65$$

La relación de reciclado resulta tener un valor de  $r \approx 0,65$

### Cálculo de la producción neta de lodos.

$$\Delta X_v = (1 - \phi) \cdot Y \cdot (S_F - S_e) \cdot Q_F = (1 - 0,77) \cdot 0,48 \cdot (900 - 40) \cdot 16 = 1519$$

Multiplicando por  $10^{-3}$ , obtenemos el valor en Kg MLVSS / d:

$$\Delta X_v = 1,52 \frac{\text{Kg MLVSS}}{\text{d}}$$

### Cálculo de la edad del lodo.

La edad de los lodos se define como la relación de la masa de SSV en el sistema con respecto a la producción neta de biomasa:

$$\theta_c = \frac{X_{v,a} \cdot V}{\Delta X_v} = \frac{4250 \cdot 26,56}{1519} = 74,3 \text{ días}$$

### Calculo de la carga másica.

La carga másica es la cantidad de DBO por cada kilogramo de sólidos en suspensión, cada día.

$$C_m = \frac{S_F}{X_{v,a} \cdot t} = \frac{900}{4250 \cdot 1,66} = 0,13$$

La carga másica será:  $C_m = 0.13 \frac{Kg\ DBO_5}{Kg\ MLSSV \cdot d}$

### Cálculo de la carga volumétrica.

La carga volumétrica es la cantidad de DBO por cada metro cúbico y día.

$$C_v = \frac{S_F \cdot Q_F}{V} = \frac{900 \cdot 16}{26,56} = 0,542 \frac{Kg\ DBO_5}{m^3 \cdot d}$$

### Calculo de las necesidades de oxígeno.

$$\frac{Kg\ O_2}{d} = a \cdot (S_F - S_e) \cdot Q_F + b \cdot X_v \cdot a \cdot V$$

Es necesario aplicar un factor de conversión de  $10^{-3}$  para que el resultado

sea en  $\frac{Kg\ O_2}{d}$

Verano:

$$\frac{Kg\ O_2}{d} = (1,045 \cdot (900 - 40) \cdot 16 + 0,094 \cdot 4250 \cdot 26,56) \cdot 10^{-3} = 24,99$$

Invierno:

$$\frac{Kg\ O_2}{d} = (1,045 \cdot (900 - 40) \cdot 16 + 0,064 \cdot 4250 \cdot 26,56) \cdot 10^{-3} = 21,6$$

En la aireación prolongada se puede presentar la nitrificación hasta un grado relativamente apreciable con la consiguiente conversión del nitrógeno amoniacal en nitritos y nitratos, ya que se cuenta este proceso con la doble circunstancia de carga orgánica ( $C_m$ ) débil y un suministro de aire en exceso. Por tanto, en el cálculo de las necesidades de oxígeno se debe tener en cuenta las debidas a la nitrificación.

El parámetro que hace falta para el cálculo de D.O.N. (demanda de oxígeno en la nitrificación) es  $Y_N$ , coeficiente de producción de biomasa autótrofa.

Los valores de  $Y_N$  son considerablemente menores que los del coeficiente  $Y$  de producción heterogénea. Los valores de  $Y_N$  se encuentran comprendidos en el intervalo de 0,04 a 0,167.

Para no interrumpir el procedimiento de cálculo, la explicación de la necesidad de eliminar nitrógeno de las aguas residuales, con su correspondiente balance, se encuentra más adelante.

### Calculo de $Y_N$ .

$$Y_N = \frac{Y}{1 + K_d \cdot \theta_c} = \frac{0,48}{1 + 0,066 \cdot 56,4} = 0,1$$

### Calculo de D.O.N.

- N convertido en biomasa heterótrofa, que es el tipo de organismos que elaboran su propia sustancia orgánica, alimentándose de materia elaborada por otros seres vivos:

$$0,12 \cdot \Delta X_V = 0,12 \cdot 1,52 = 0,18$$

- N convertido en biomasa autótrofa, que es el tipo de organismos que es capaz de elaborar su propia sustancia orgánica a partir de sustancias inorgánicas:

$$\Delta X_N = Y_N \cdot \{Q_F \cdot [(NTK)_F - (NTK)_e] - 0,12 \cdot \Delta X_V\} = 0,1 \cdot \{16 \cdot [200 - 30] \cdot 10^{-3} - 0,12 \cdot 1,52\} = 0,253$$

$$0,12 \cdot \Delta X_N = 0,03 \frac{\text{kg N}}{\text{d}}$$

- $\text{NH}_4^+$  disponible para nitrificación:

$$\text{NH}_4^+ \text{ disponible para nitrificación} = Q_F \cdot (NTK)_F - 0,12 \cdot (\Delta X_V + \Delta X_N) = Q_F \cdot N_F$$

$$\text{NH}_4^+ \text{ disponible para nitrificación} = 16 \cdot 200 \cdot 10^{-3} - 0,12 \cdot (1,52 + 0,253) = 2,98 \frac{\text{kg N}}{\text{d}}$$

$\text{NH}_4^+$  sin convertir en efluente:

$$N\text{- NH}_4^+ \text{ en el efluente} = Q_F \cdot (\text{NTK})_e = Q_F \cdot N_e = 16 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,48 \frac{\text{kg N}}{\text{d}}$$

N-  $\text{NH}_4^+$  convertido en  $\text{N-NO}_3^-$ :

$$\frac{\text{kg}}{\text{d}} = Q_F \cdot [(\text{NTK})_F - (\text{NTK})_e] - 0,12 \cdot (\Delta X_V - \Delta X_N)$$

N-  $\text{NH}_4^+$  convertido en  $\text{N-NO}_3^-$ =

$$= 16 \cdot [200 - 30] \cdot 10^{-3} - 0,12 \cdot (1,52 - 0,253) = 2,56 \frac{\text{kg N}}{\text{d}}$$

Calculo de D.O.N.:

$$\text{D.O.N.} = 4,57 \cdot (\text{N- NH}_4^+ \text{ convertido en N-NO}_3^-) =$$

$$[4,57 \cdot \{Q\}_F \cdot [(\text{NTK})_F - (\text{NTK})_e] - 0,12 \cdot (\Delta X_V - \Delta X_N)] = 4,57 \cdot 2,56 = 11,7$$

$$\text{D.O.N.} = 11,7 \text{ Kg } \frac{\text{O}_2}{\text{d}}$$

Por tanto, teniendo en cuenta las necesidades para el proceso de oxidación prolongada de la materia orgánica, las necesidades totales de oxígeno

$$\text{serán: } 11,7 + 24,99 = 36,69 \text{ Kg } \frac{\text{O}_2}{\text{d}}$$

Esta es la cantidad teórica para la oxidación biológica. Para garantizar que esta cantidad llega a los microorganismos hay que disolver más cantidad de oxígeno en el agua.

Para ello, se procederá al cálculo de la capacidad de oxigenación de los aireadores. Se empleará el método de diseño para sistemas de aireación utilizando aireadores de superficie.

Los parámetros que vamos a emplear en el diseño de los aireadores son los siguientes:

Parámetros	Unidades	T verano 28 °C	T invierno 20 °C
$(C_{s,s})_{760}$	mg/l	8,08	9,2
P	mm Hg	755	755
$P^v$	mm Hg	27,8	17,535
$\beta$	adimensional	0,97	0,97
$\alpha$	adimensional	0,87	0,87
$C_L$	mg/l	2	2

Donde:

$(C_{s,s})_{760}$  Es la concentración de oxígeno disuelto en agua corriente en condiciones de saturación.

$\beta$  es la relación entre la concentración de oxígeno disuelto en condiciones de saturación entre el agua corriente y el agua residual.

P es la presión barométrica.

$P^v$  es la presión de vapor del agua.

$\alpha$  es la relación entre el coeficiente de transferencia de oxígeno en agua residual y el coeficiente de transferencia de oxígeno para agua sin contaminar.

$C_L$  es la concentración de oxígeno disuelto, suele estar comprendida entre 0,5 y 1,5 mg/l pero cuando se quiere conseguir la nitrificación se emplean excesos de oxígeno de 2 mg/l.

El primer parámetro a calcular es  $C_{s,s}$  para los valores de verano e invierno:

$$C_{S,S} = (C_{S,S})_{760} \cdot \frac{P - P^V}{760 - P^V}$$

$$C_{S,S,verano} = 8,08 \cdot \frac{755 - 27,8}{760 - 27,8} = 8,025 \frac{mg}{l}$$

$$C_{S,S,invierno} = 9,2 \cdot \frac{755 - 17,535}{760 - 17,535} = 9,135 \frac{mg}{l}$$

De esto se deduce que:

$$K = \alpha_{20} \cdot 1,024^{T-20} \cdot \frac{\beta \cdot C_{S,S} - C_L}{9,2}$$

$$K_{verano} = 0,87 \cdot 1,024^{28-20} \cdot \frac{0,97 \cdot 8,025 - 2}{9,2} = 0,66$$

$$K_{invierno} = 0,87 \cdot 1,024^{20-20} \cdot \frac{0,97 \cdot 9,135 - 2}{9,2} = 0,65$$

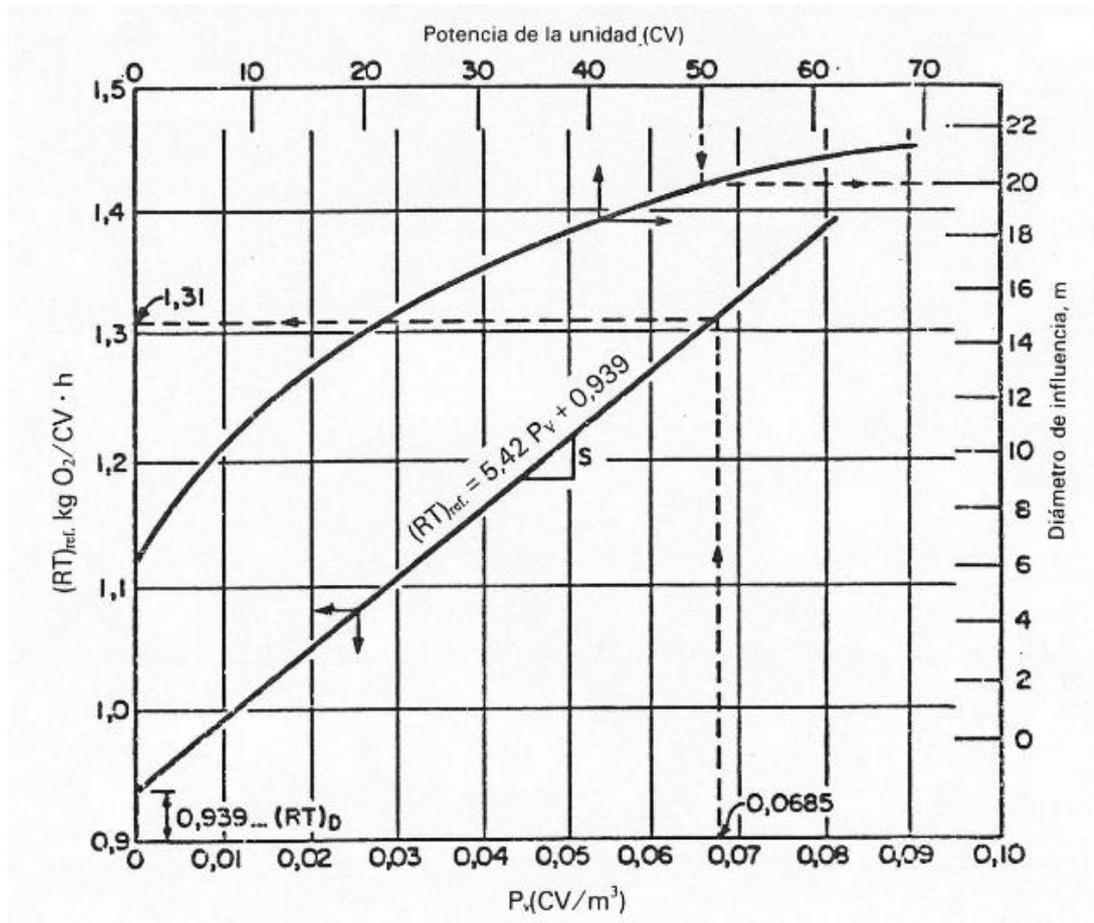
Con lo cual las condiciones que controlan las especificaciones de los aireadores son las de invierno. ( $K_{invierno} < K_{verano}$ )

Teniendo en cuenta que no se conoce la potencia, hay que emplear un cálculo iterativo para determinar  $(RT)_{ref}$ . (rendimiento de transferencia de oxígeno que se transmite por CV por h de energía utilizada) basado en la correlación  $(RT)_{ref}$  con la potencia específica ( $CV/m^3$ ). El procedimiento de cálculo es el siguiente:

1º Suponer una potencia específica  $P_v$  en  $CV/m^3$ . La bibliografía nos recomienda emplear en sistemas de aireación prolongada una  $p_v$  comprendida entre 0,027 y 0,05. Suponemos como valor inicial de las iteraciones para el cálculo, el valor de  $0,03 \text{ CV}/m^3$ .

2º En la siguiente grafica nos sale:

$$(RT)_{ref} = 5,42 \cdot P_v + 0,939 = 5,42 \cdot 0,03 + 0,939 = 1,1 \frac{kg \ O_2}{CV \cdot h}$$



Características de aireadores de superficie

3º Calcular la  $(RT)_{real}$  con la siguiente ecuación:

$$(RT)_{real} = K \cdot (RT)_{ref} = 0,65 \cdot 1,1 = 0,715$$

Dado que la cantidad de oxígeno requerida es la suma de la debida al proceso biológico más la del proceso de nitrificación:

Para el verano que es cuando más oxígeno es necesario:

$$(\text{Kg } O_2/\text{d})_{total} = 11,7 + 24,99 = 36,69 \quad \text{Kg } \frac{O_2}{d} = 1,53 \text{ kg } \frac{O_2}{h}$$

La potencia requerida se calcula para la potencia específica supuesta:

$$P = HP = \frac{O_2 \text{ requerido}}{(RT)_{real}} = \frac{1,53}{0,715} = 2,14 \text{ CV}$$

$$P_v = \frac{\text{Potencia}}{\text{Volumen deposito}} = \frac{2,14}{26,56} = 0,08$$

El valor está muy alejado del supuesto inicialmente con lo cual se vuelve a iterar partiendo de este último valor.

$$(RT)_{ref} = 5,42 \cdot P_v + 0,939 = 5,42 \cdot 0,08 + 0,939 = 1,37 \frac{\text{kg } O_2}{\text{CV} \cdot \text{h}}$$

$$(RT)_{real} = K \cdot (RT)_{ref} = 0,65 \cdot 1,37 = 0,89$$

$$P = HP = \frac{O_2 \text{ requerido}}{(RT)_{real}} = \frac{1,53}{0,89} = 1,72 \text{ CV}$$

$$P_v = \frac{\text{Potencia}}{\text{Volumen deposito}} = \frac{1,72}{26,56} = 0,064$$

Volvemos a repetir el proceso:

$$(RT)_{ref} = 5,42 \cdot P_v + 0,939 = 5,42 \cdot 0,064 + 0,939 = 1,28 \frac{\text{kg } O_2}{\text{CV} \cdot \text{h}}$$

$$(RT)_{real} = K \cdot (RT)_{ref} = 0,65 \cdot 1,28 = 0,83$$

$$P = HP = \frac{O_2 \text{ requerido}}{(RT)_{real}} = \frac{1,53}{0,83} = 1,84 \text{ CV}$$

$$P_v = \frac{\text{Potencia}}{\text{Volumen deposito}} = \frac{1,84}{26,56} = 0,069$$

Repetimos el proceso de nuevo:

$$(RT)_{ref} = 5,42 \cdot P_v + 0,939 = 5,42 \cdot 0,069 + 0,939 = 1,31 \frac{\text{kg } O_2}{\text{CV} \cdot \text{h}}$$

$$(RT)_{real} = K \cdot (RT)_{ref} = 0,65 \cdot 1,31 = 0,85$$

$$P = HP = \frac{O_2 \text{ requerido}}{(RT)_{real}} = \frac{1,53}{0,85} = 1,8 \text{ CV}$$

$$P_v = \frac{\text{Potencia}}{\text{Volumen deposito}} = \frac{1,8}{26,56} = 0,067$$

Este cálculo ya el valido puesto que el error es menor del 5%.

Se recalculan las temperaturas para observar si el cambio de ese valor inferior al 5% influyen en los cálculos.

### Cálculo de temperaturas

$$T_{iW} \text{ Invierno} = (3,6 \cdot [10]^6 \cdot (16/(3600 \cdot 24)) \cdot 25 + 1134 \cdot (1,8) \cdot 15) / (3,6 \cdot [10]^6 \cdot (16/(3600 \cdot 24)) + 1134 \cdot 1,8)$$

$$T_{iW} \text{ Verano} = (3,6 \cdot [10]^6 \cdot (16/(3600 \cdot 24)) \cdot 25 + 1134 \cdot (1,8) \cdot 30) / (3,6 \cdot [10]^6 \cdot (16/(3600 \cdot 24)) + 1134 \cdot 1,8)$$

Ahora con estos nuevos valores de T<sup>a</sup> volvemos a realizar todos los cálculos:

### Cálculo de parámetros

Para el cálculo de k:

$$K_{T_{iW}} = K_{20} \cdot \theta^{T_{iW}-20} \quad (1,0 < \theta < 1,135)$$

Suponemos un valor de  $\theta = 1,05$

$$K_{T_{iW}} = 0,051 \cdot 1,05^{27-20} = 0,079$$

$$K_{T_{iW}} = 0,051 \cdot 1,05^{18-20} = 0,046$$

Para el cálculo de K<sub>d</sub>:

$$K_{d,T_{iW}} = K_{d,20} \cdot \theta^{T_{iW}-20} \quad (1,03 < \theta < 1,06)$$

Suponemos un valor de  $\theta = 1,05$

$$K_{d,T_{18}} = 0,045 \cdot 1,05^{29-20} = 0,07$$

$$K_{d,T_{18}} = 0,045 \cdot 1,05^{18-20} = 0,041$$

Para el cálculo de b:

$$b_{T_{18}} = b_{20} \cdot \theta^{T_{18}-20} \quad (1,03 < \theta < 1,06)$$

Suponemos un valor de  $\theta = 1,05$

$$b_{T_{18}} = 0,064 \cdot 1,05^{29-20} = 0,099$$

$$b_{T_{18}} = 0,064 \cdot 1,05^{18-20} = 0,058$$

	T = 20°C	Verano T = 28°C	Invierno T= 20°C
k $\frac{l}{(mg\ MLVSS \cdot día)}$	0,051	0,079	0,046
k <sub>d</sub> (día <sup>-1</sup> )	0,045	0,07	0,041
b $\frac{mg\ O_2}{(mg\ MLVSS \cdot día)}$	0,064	0,099	0,058

### Cálculo del tiempo de residencia

$$t = \frac{\phi \cdot Y \cdot (S_F - S_e)}{K_d \cdot X_{v,a}}$$

$$t = \frac{0,77 \cdot 0,48 \cdot (900 - 40)}{0,041 \cdot 4250} = 1,82 \text{ días}$$

### Cálculo del volumen del reactor

$$V = Q_f \cdot t = 16 \cdot 1,82 = 29,12 \text{ m}^3$$

### Cálculo de la relación de reciclado

$$r = \frac{X_{v,a} - [(1 - \phi) \cdot Y \cdot (S_F - S_e)]}{X_{v,u} - X_{v,a}}$$

$$r = \frac{4250 - [(1 - 0,77) \cdot 0,48 \cdot (900 - 40)]}{10667 - 4250} \approx 0,65$$

### Cálculo de la producción neta de lodos

$$\Delta X_v = (1 - \phi) \cdot Y \cdot (S_F - S_e) \cdot Q_f = (1 - 0,77) \cdot 0,48 \cdot (900 - 40) \cdot 16 = 1519$$

Multiplicando por  $10^{-3}$ , obtenemos el valor en Kg MLVSS / d:

$$\Delta X_v = 1,52 \frac{\text{Kg MLVSS}}{\text{d}}$$

### Cálculo de la edad del lodo

La edad de los lodos se define como la relación de la masa de SSV en el sistema con respecto a la producción neta de biomasa:

$$\theta_c = \frac{X_{v,a} \cdot V}{\Delta X_v} = \frac{4250 \cdot 29,12}{1519} = 81,47 \text{ días}$$

### Calculo de la carga másica

$$C_m = \frac{S_F}{X_{v,a} \cdot t} = \frac{900}{4250 \cdot 1,82} = 0,11$$

La carga másica será:  $C_m = 0,11 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{Kg MLSSV} \cdot \text{d}}$

### Cálculo de la carga volumétrica

$$C_v = \frac{S_F \cdot Q_F}{V} = \frac{900 \cdot 16}{29,12} = 0,49 \frac{\text{Kg DBO}_5}{\text{m}^3 \cdot \text{d}}$$

### Calculo de las necesidades de oxígeno

$$\frac{\text{Kg O}_2}{\text{d}} = a \cdot (S_F - S_e) \cdot Q_F + b \cdot X_{v,a} \cdot V$$

Es necesario aplicar un factor de conversión de  $10^{-3}$  para que el resultado

sea en  $\frac{\text{Kg O}_2}{\text{d}}$

Verano:

$$\frac{\text{Kg O}_2}{\text{d}} = (1,045 \cdot (900 - 40) \cdot 16 + 0,099 \cdot 4250 \cdot 29,12) \cdot 10^{-3} = 26,63$$

Invierno:

$$\frac{Kg O_2}{d} = (1,045 \cdot (900 - 40) \cdot 16 + 0,058 \cdot 4250 \cdot 29,12) \cdot 10^{-3} = 21,55$$

Calculo de  $Y_N$

$$Y_N = \frac{Y}{1 + K_d \cdot \theta_c} = \frac{0,48}{1 + 0,07 \cdot 91,4} = 0,065$$

Calculo de D.O.N.

- N convertido en biomasa heterótrofa:

$$0,12 \cdot \Delta X_v = 0,12 \cdot 1,52 = 0,18$$

- N convertido en biomasa autótrofa:

$$\Delta X_N = Y_N \cdot \{Q_F \cdot [(NTK)_F - (NTK)_E] - 0,12 \cdot \Delta X_v\} = 0,1 \cdot \{16 \cdot [200 - 30] \cdot 10^{-3} - 0,12 \cdot 1,52\} = 0,253$$

$$0,12 \cdot \Delta X_N = 0,03 \frac{kg N}{d}$$

- $NH_4^+$  disponible para nitrificación:

$$NH_4^+ \text{ disponible para nitrificación} = Q_F \cdot (NTK)_F - 0,12 \cdot (\Delta X_v + \Delta X_N) = Q_F \cdot N_F$$

$$NH_4^+ \quad \text{disponible} \quad \text{para} \quad \text{nitrificación} \quad =$$

$$16 \cdot 200 \cdot 10^{-3} - 0,12 \cdot (1,52 + 0,253) = 2,98 \frac{kg N}{d}$$

$NH_4^+$  sin convertir en efluente:

$$N- NH_4^+ \text{ en el efluente} = Q_F \cdot (NTK)_E = Q_F \cdot N_E = 16 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,48 \frac{kg N}{d}$$

N-  $\text{NH}_4^+$  convertido en N- $\text{NO}_3^-$ :

$$\frac{\text{kg}}{\text{d}} = Q_F \cdot [(NTK)_F - (NTK)_e] - 0,12 \cdot (\Delta X_V - \Delta X_N)$$

N-  $\text{NH}_4^+$  convertido en N- $\text{NO}_3^- =$

$$= 16 \cdot [200 - 30] \cdot 10^{-3} - 0,12 \cdot (1,52 - 0,253) = 2,56 \frac{\text{kg N}}{\text{d}}$$

Calculo de D.O.N.:

$$\text{D.O.N.} = 4,57 \cdot (\text{N- } \text{NH}_4^+ \text{ convertido en N-NO}_3^-) =$$

$$[4,57 \cdot \{Q\}_F \cdot [(NTK)_F - (NTK)_e] - 0,12 \cdot (\Delta X_V - \Delta X_N)] = 4,57 \cdot 2,56 = 11,7$$

$$\text{D.O.N.} = 11,7 \text{ Kg } \frac{\text{O}_2}{\text{d}}$$

Por tanto, teniendo en cuenta las necesidades para el proceso de oxidación prolongada de la materia orgánica, las necesidades totales de oxígeno

$$\text{serán: } 11,7 + 26,63 = 38,33 \text{ Kg } \frac{\text{O}_2}{\text{d}}$$

Se procederá de nuevo al cálculo de la capacidad de oxigenación de los aireadores.

Los parámetros que vamos a emplear en el diseño de los aireadores son los siguientes:

Parámetros	Unidades	T verano 29 °C	T invierno 18 °C
$(C_{S,S})_{700}$	mg/l	7,77	9,6

P	mm Hg	755	755
P <sup>V</sup>	mm Hg	29,1	15,48
β	adimensional	0,97	0,97
α	adimensional	0,87	0,87
C <sub>L</sub>	mg/l	2	2

El primer parámetro a calcular es C<sub>s,s</sub> para los valores de verano e invierno:

$$C_{s,s} = (C_{s,s})_{760} \cdot \frac{P - P^V}{760 - P^V}$$

$$C_{s,s,verano} = 7,77 \cdot \frac{755 - 29,1}{760 - 29,1} = 7,72 \frac{mg}{l}$$

$$C_{s,s,invierno} = 9,6 \cdot \frac{755 - 15,48}{760 - 15,48} = 9,535 \frac{mg}{l}$$

De esto se deduce que:

$$K = \alpha_{20} \cdot 1,024^{T-20} \cdot \frac{\beta \cdot C_{s,s} - C_L}{9,2}$$

$$K_{verano} = 0,87 \cdot 1,024^{29-20} \cdot \frac{0,97 \cdot 7,72 - 2}{9,2} = 0,642$$

$$K_{invierno} = 0,87 \cdot 1,024^{18-20} \cdot \frac{0,97 \cdot 9,535 - 2}{9,2} = 0,654$$

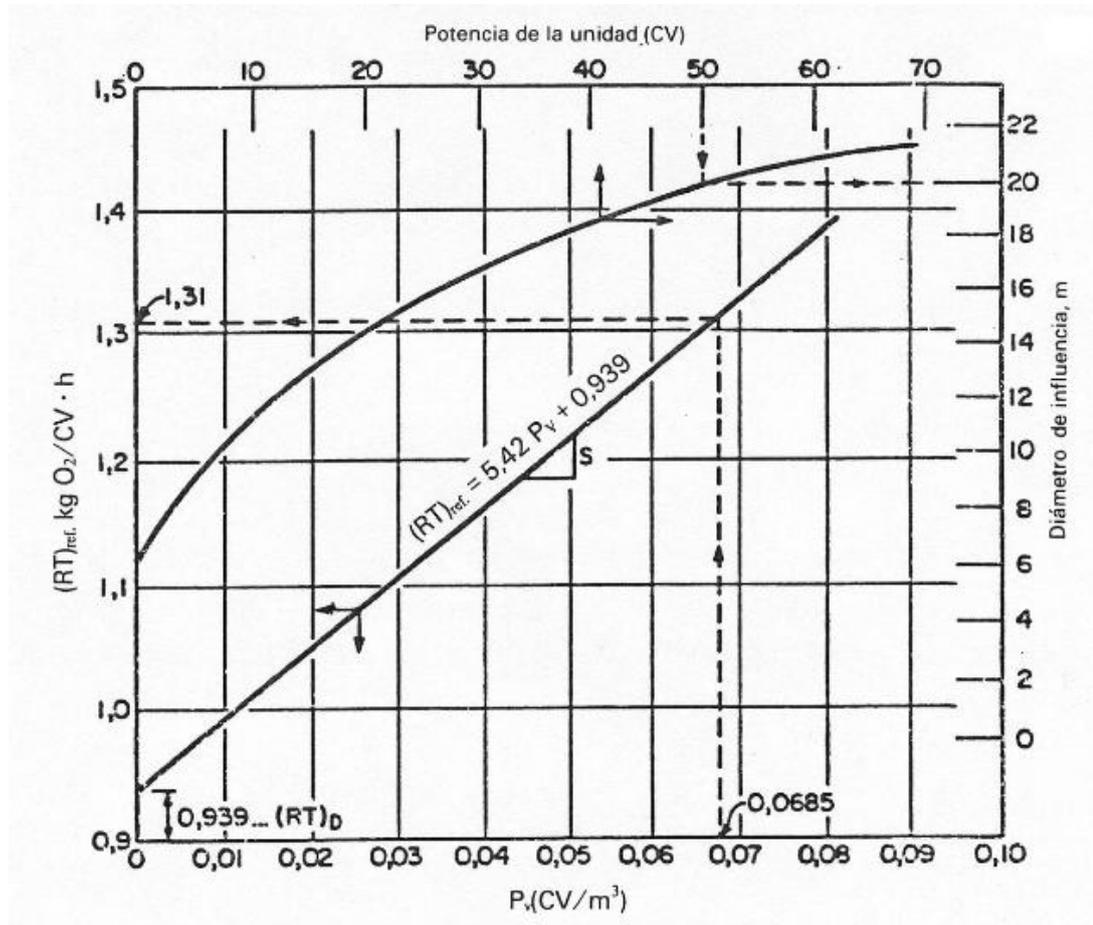
Con lo cual las condiciones que controlan las especificaciones de los aireadores son las de verano. (K verano < K invierno)

El procedimiento de cálculo de potencia es como sigue:

1º Suponer una potencia específica P<sub>v</sub> en CV/m<sup>3</sup>. La bibliografía nos recomienda emplear en sistemas de aireación prolongada una p<sub>v</sub> comprendida entre 0,027 y 0,05. Se empleará 0,03 CV/m<sup>3</sup>.

2º En la siguiente grafica nos sale:

$$(RT)_{ref} = 5,42 \cdot P_v + 0,939 = 5,42 \cdot 0,03 + 0,939 = 1,1 \frac{kg \ O_2}{CV \cdot h}$$



Características de aireadores de superficie

3º Calcular la  $(RT)_{real}$  con la siguiente ecuación:

$$(RT)_{real} = K \cdot (RT)_{ref} = 0,642 \cdot 1,1 = 0,706$$

Para el verano que es cuando más oxígeno es necesario:

$$(Kg \ O_2/d)_{total} = 11,7 + 26,63 = 38,33 \quad Kg \frac{O_2}{d} = 1,59 \quad kg \frac{O_2}{h}$$

La potencia requerida se calcula para la potencia específica supuesta:

$$P = HP = \frac{O_2 \text{ requerido}}{(RT)_{real}} = \frac{1,59}{0,706} = 2,26 \text{ CV}$$

$$P_v = \frac{\text{Potencia}}{\text{Volumen deposito}} = \frac{2,26}{29,12} = 0,077$$

El valor está muy alejado del supuesto inicialmente con lo cual se vuelve a iterar partiendo de este último valor.

$$(RT)_{ref} = 5,42 \cdot P_v + 0,939 = 5,42 \cdot 0,077 + 0,939 = 1,35 \frac{\text{kg } O_2}{\text{CV} \cdot \text{h}}$$

$$(RT)_{real} = K \cdot (RT)_{ref} = 0,642 \cdot 1,35 = 0,87$$

$$P = HP = \frac{O_2 \text{ requerido}}{(RT)_{real}} = \frac{1,59}{0,87} = 1,82 \text{ CV}$$

$$P_v = \frac{\text{Potencia}}{\text{Volumen deposito}} = \frac{1,82}{29,12} = 0,062$$

Volvemos a repetir el proceso:

$$(RT)_{ref} = 5,42 \cdot P_v + 0,939 = 5,42 \cdot 0,062 + 0,939 = 1,27 \frac{\text{kg } O_2}{\text{CV} \cdot \text{h}}$$

$$(RT)_{real} = K \cdot (RT)_{ref} = 0,642 \cdot 1,27 = 0,82$$

$$P = HP = \frac{O_2 \text{ requerido}}{(RT)_{real}} = \frac{1,59}{0,82} = 1,94 \text{ CV}$$

$$P_v = \frac{\text{Potencia}}{\text{Volumen deposito}} = \frac{1,94}{29,12} = 0,066$$

Repetimos el proceso de nuevo:

$$(RT)_{ref} = 5,42 \cdot P_v + 0,939 = 5,42 \cdot 0,066 + 0,939 = 1,29 \frac{\text{kg } O_2}{\text{CV} \cdot \text{h}}$$

$$(RT)_{real} = K \cdot (RT)_{ref} = 0,642 \cdot 1,29 = 0,83$$

$$P = HP = \frac{O_2 \text{ requerido}}{(RT)_{real}} = \frac{1,59}{0,83} = 1,91 \text{ CV}$$

$$P_v = \frac{\text{Potencia}}{\text{Volumen deposito}} = \frac{1,91}{29,12} = 0,065$$

Este cálculo ya el valido puesto que el error es menor del 5%.

Se recalculan las temperaturas para observar si el cambio de ese valor inferior al 5% influyen en los cálculos.

### Cálculo de temperaturas

$$T_{1W} \text{ Invierno} = (3,6 \cdot 10^6 \cdot (16/(3600 \cdot 24)) \cdot 25 + 1134 \cdot (1,91) \cdot 15) / (3,6 \cdot 10^6 \cdot (16/(3600 \cdot 24)) + 1134 \cdot 1,91)$$

$$T_{1W} \text{ Verano} = (3,6 \cdot 10^6 \cdot (16/(3600 \cdot 24)) \cdot 25 + 1134 \cdot (1,91) \cdot 30) / (3,6 \cdot 10^6 \cdot (16/(3600 \cdot 24)) + 1134 \cdot 1,91)$$

### CÁLCULO DE CAUDALES:

A continuación calcularemos los caudales de cada uno de los pasos del reactor.

La relación de reciclado  $r$  viene definida por:  $r = Q_R / Q_F$ . De ahí que el caudal de recirculación sea:

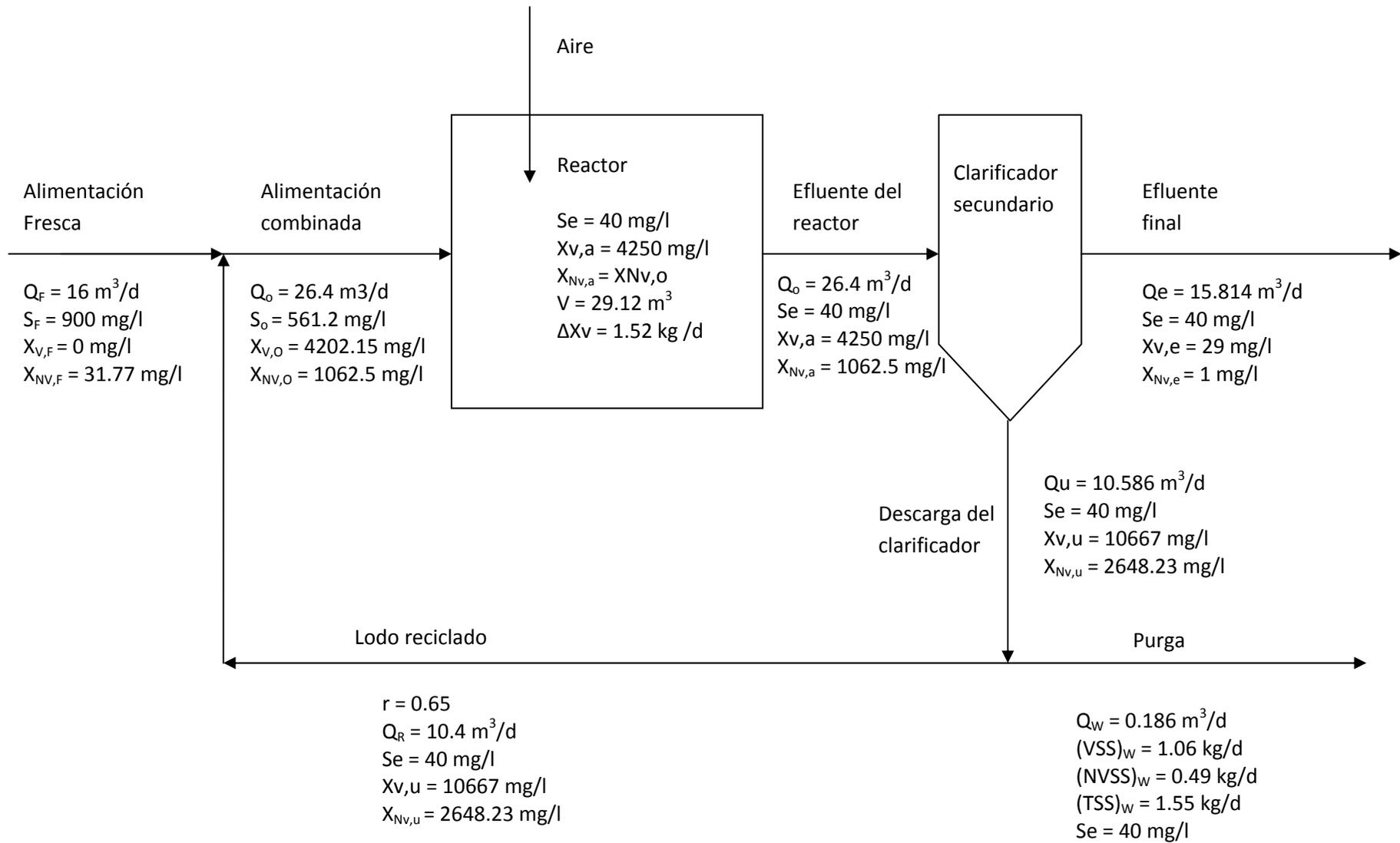
$$Q_R = r \cdot Q_F = 0,65 \cdot 16 = 10,4 \frac{m^3}{d}$$

Aplicando un balance de agua residual alrededor del punto en el que se unen  $Q_F$  y  $Q_R$ , formando la alimentación combinada,  $Q_0$ , y teniendo en cuenta la ecuación anterior,  $Q_0$  se expresa de la siguiente forma:

$$Q_0 = (r + 1) \cdot Q_F = (0,65 + 1) \cdot 16 = 26,4 \frac{m^3}{d}$$

A partir del balance global de materia de los VSS, y despejando  $Q_W$ , suponiendo que  $X_{V,F}$  a la entrada del reactor es prácticamente inexistente, se obtiene:

$$Q_W = \frac{\Delta X_v + Q_F \cdot X_{v,F} - Q_F \cdot X_{v,s}}{X_{v,u} - X_{v,s}} = \frac{1,52 + 16 \cdot 0 \cdot 10^{-3} - 16 \cdot 29 \cdot 10^{-3}}{(10667 - 29) \cdot 10^{-3}} = 0,186 \frac{m^3}{d}$$



De un balance global de agua residual:  $Q_F = Q_S + Q_W$

$$Q_S = Q_F - Q_W = 16 - 0,186 = 15,814 \frac{m^3}{d}$$

Aplicando un balance de agua residual alrededor del clarificador secundario, y despejando  $Q_u$ , se obtiene:

$$Q_u = Q_o - Q_S = 26,4 - 15,814 = 10,586 \frac{m^3}{d}$$

A partir de la definición de tiempo de residencia hidráulico ( $t_{rh} = V/Q_{1o}$ ), de la de tiempo de residencia ( $t_{rh} = V/Q_{1o}$ ) y de la de alimentación combinada  $Q_o = (r + 1) \cdot Q_F$ , se deduce que:

$$t_{rh} = \frac{V}{Q_o} = \frac{t}{(r + 1)} = \frac{1,82}{(0,65 + 1)} = 1,1 \text{ días}$$

Balance de materia a los sólidos no volátiles

A partir de la fracción de los sólidos volátiles en los MLSS, es decir, la fracción volátil de los sólidos en suspensión en el reactor y en el efluente del mismo.

Sea  $F_v$  dicha fracción:

$$F_v = \frac{X_{v,a}}{X_{v,a} + X_{Nv,a}}$$

Normalmente se propone un diseño sobre la base de una concentración del 80 al 90% de sólidos volátiles en el reactor, esto es:

$$0,8 < F_v < 0,9$$

Suponemos  $F_v$  como 0,8 y calculamos el valor de  $X_{Nv,a}$

$$X_{Nv,a} = X_{Nv,o} = \frac{(1 - F_v) \cdot X_{v,a}}{F_v} = 1062,5 \frac{mg}{l}$$

El valor de  $X_{NV,U}$ , se obtiene fácilmente mediante un balance de materia de los sólidos alrededor del clarificador.

$$Q_o \cdot X_{NV,o} = Q_e \cdot X_{NV,e} + Q_u \cdot X_{NV,u}$$

A partir de la cual despejando obtenemos:

$$X_{NV,u} = \frac{Q_f \cdot (r + 1) \cdot X_{NV,o} - Q_e \cdot X_{NV,e}}{Q_u} = \frac{16 \cdot (0,65 + 1) \cdot 1062,5 - 15,814 \cdot 1}{10,586} = 2648,23 \frac{mg}{l}$$

Se establece el valor de  $X_{NV,F}$ , mediante un balance de los NVSS alrededor del punto de unión de la alimentación inicial con la corriente de reciclado para formar la alimentación combinada. Este balance de materia es:

$$Q_f \cdot X_{NV,F} + Q_R \cdot X_{NV,u} = Q_o \cdot X_{NV,o} = Q_o \cdot X_{NV,a}$$

Sustituyendo y despejando:

$$X_{NV,F} = (r + 1) \cdot X_{NV,a} - r \cdot X_{NV,u} = (0,65 + 1) \cdot 1062,5 - 0,65 \cdot 2648,23 = 31,77 \frac{mg}{l}$$

Producción total de lodos:

Aplicando un balance global de materia de los sólidos en suspensión volátiles, se obtiene los VSS en la purga:

$$(VSS)_W = Q_W \cdot X_{v,u} = \Delta X_v + Q_f \cdot X_{v,F} - Q_e \cdot X_{v,e} = 1,52 + 16 \cdot 0 - 15,814 \cdot 29 \cdot 10^{-3} = 1,06 \frac{kg}{d}$$

Los sólidos en suspensión no volátiles en la purga, (NSSV)<sub>W</sub>, se obtiene aplicando un balance global de materia de los NVSS:

$$(NVSS)_W = Q_W \cdot X_{NV,u} = Q_f \cdot [(X)_{NV,F} - X_{NV,e}] + Q_W \cdot X_{NV,e} = (16 \cdot (31,77 - 1) + 0,186 \cdot 1) \cdot 10^{-3} =$$

Obtenidas estas dos ecuaciones se calcula los sólidos en suspensión totales obtenidos en la purga (TSS)<sub>W</sub>:

$$(TSS)_W = (VSS)_W + (NVSS)_W = 1,06 + 0,49 = 1,55 \frac{kg}{d}$$

Concentraciones  $S_o$  y  $V_o$  de la alimentación combinada:

La DBO de la alimentación combinada ( $S_o$ ) se calcula mediante un balance de DBO alrededor de la unión de la alimentación inicial y el lodo reciclado para formar la alimentación combinada:

$$S_o = \frac{[(S)_F + r \cdot S_e]}{(1+r)} = \frac{(900 + 0,65 \cdot 40)}{(1 + 0,65)} = 561,2 \frac{mg}{l}$$

La concentración de sólidos volátiles en la alimentación combinada ( $X_{v,o}$ ) se establece también mediante un balance de materia alrededor del mismo punto que en el caso anterior:

$$X_{v,o} = \frac{[(X)_{v,F} + r \cdot X_{v,u}]}{(1+r)} = \frac{(0 + 0,65 \cdot 10667)}{(1 + 0,65)} = 4202,15 \frac{mg}{l}$$

### **NEUTRALIZACIÓN REQUERIDA.**

La actividad óptima de las bacterias se presenta a valores del pH comprendidos entre 6 y 8. Por ello, debe comprobarse este pH previa entrada al reactor biológico.

Las aguas recibidas en la instalación, son según las analíticas aguas con pH aproximado a 7.5 Los tratamientos aplicados, no influyen en el pH. La neutralización del producto se intentará producir en los pretratamientos.

### **NUTRIENTES REQUERIDOS.**

La estimación de las necesidades de nitrógeno y fósforo, se basa en el hecho de que los MLVSS purgados contienen aproximadamente el 2% de su peso seco como fósforo y un 12% de nitrógeno.

Para considerar las cantidades de nitrógeno y fósforo que se requieren en el proceso se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Pesos de estos nutrientes que se pierden por purga de MLVSS, esto es:

$$\text{Nitrógeno: } 0,12 \cdot \Delta X_v = 0,12 \cdot 1,52 = 0,18 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

$$\text{Fósforo: } 0,02 \cdot \Delta X_v = 0,02 \cdot 1,52 = 0,03 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

- Pesos de estos nutrientes que se pierden en el efluente. Las concentraciones de nitrógeno y fósforo solubles presentes en el efluente se estiman iguales a 1 y 0.5 mg/l respectivamente. Por ello, las cantidades de nitrógeno y fósforo perdidas en el efluente son:

$$\text{Nitrógeno: } Q_F \cdot (1,0) = 16 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot 1 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 0,016 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

$$\text{Fósforo: } Q_F \cdot (0,5) = 16 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot 0,5 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 0,008 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Por lo tanto las necesidades totales de nitrógeno y fósforo vienen dadas por la sumas de las estimaciones hechas.

$$\text{Nitrógeno} = 0,18 + 0,016 = 0,196 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

$$\text{Fósforo} = 0,03 + 0,008 = 0,038 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Las cantidades totales de fósforo y nitrógeno disponibles en la alimentación inicial, se calcula como sigue:

$$\text{Nitrógeno disponible: } QF \cdot (NTK) = 16 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot 200 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 3,2 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

$$\text{Fósforo disponible: } QF \cdot (NTK) = 16 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot 15 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 0,24 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Por lo tanto al ser mayores las cantidades existentes de Nitrógeno y Fósforo en el medio, que las requeridas para el aporte de nutrientes, no es necesaria la adición de más nutrientes.

## BALANCE AL FÓSFORO

Para llevar a cabo un balance al fósforo en el reactor, se va a tratar el reactor y el decantador como una caja negra. En la que haríamos un balance de la siguiente manera:

$$\left( \text{Cantidad de fosforo} \right)_{\text{(que entra al sistema)}} = \left( \text{Cantidad de fósforo} \right)_{\text{(que sale del sistema)}}$$

Ya que los términos de acumulación y generación para el caso del fosforo son nulos, en el caso del balance global, se tiene:

$$Q_F \cdot P_F = Q_e \cdot P_e + Q_e \cdot P_{X_{v,e}} + Q_w \cdot P_w + Q_w \cdot P_{X_{v,w}}$$

$P_F$ : Cantidad de fósforo presente en el agua residual tras el pretratamiento.

$P_w$ : cantidad presente en el fósforo en la corriente de purga.

$P_{X_{v,u}}$ : cantidad de fósforo presente en los microorganismos que salen por la purga, según bibliografía es del 2%.

$P_e$ : cantidad de fósforo presente en la corriente de salida del efluente.

$P_{X_{v,e}}$ : cantidad de fósforo presente en los microorganismos que salen en el efluente, que según la bibliografía es del 2%.

Como suponemos que la concentración (mg/l) de P es la misma en la corriente del efluente y en la purga, esto es,  $P_e = P_w$ , se obtiene:

$$P_e = \frac{Q_F \cdot P_F - Q_w \cdot P_{X_{v,w}} - Q_e \cdot P_{X_{v,e}}}{Q_e + Q_w} = \frac{16 \cdot 15 - 0,186 \cdot 213,34 - 15,814 \cdot 0,58}{0,186 + 15,814} = 11,95 \frac{mg}{l}$$

Así se obtiene el fósforo total que sale por el efluente, que sería la suma del que sale como fósforo líquido libre y el que está contenido en los microorganismos:

$$P_{total\ efluente} = P_e + P_{X_{v,e}} = 11,95 + 0,58 = 12,53 \frac{mg}{l}$$

Luego estamos dentro de los límites permitidos de vertido, que son 40 mg/l de media diaria.

## **5.- CÁLCULO DEL DECANTADOR.**

El diseño de un clarificador debe tener en cuenta por un lado, que el dimensionamiento sea suficiente para asegurar la decantación de los sólidos en suspensión y, por otro, que el tiempo de permanencia de los lodos sea el mínimo posible para evitar la anaerobiosis. El tiempo de retención del fango depende, por una parte de la velocidad de sedimentación de las partículas en suspensión y por otra de la forma de recogida de los fangos sedimentados, que recirculan al reactor biológico.

Los principales factores a tener en cuenta en el dimensionamiento del clarificador son:

### **Carga Hidráulica o velocidad ascensional:**

Se defina como el volumen de agua tratada en el decantador, por metro cuadrado de superficie y unidad de tiempo. Se expresa en  $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ .

$$C_H \left( \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \right) = \frac{Q \left( \frac{m^3}{h} \right)}{Superf (m^2)}$$

Determina la superficie de decantación y está relacionada con el grado de sedimentabilidad del fango a decantar.

**Carga de sólidos:**

Se define como la masa de sólidos en suspensión que trata el decantador, por metro cuadrado y unidad de tiempo. Se expresa en kg MLSS/m<sup>2</sup>·h.

$$C'_s \left( \frac{kg}{m^2 \cdot h} \right) = \frac{Sólidos entrada \left( \frac{kg}{h} \right)}{Superf (m^2)}$$

**Tiempo de retención:**

El tiempo de retención determina el volumen del decantador.

$$t(h) = \frac{V(m^3)}{Q \left( \frac{m^3}{h} \right)}$$

**Carga sobre el vertedero:**

Se define como el caudal de agua tratada por metro lineal de vertedero, es un parámetro muy importante para evitar los arrastres de sólidos por culpa de la velocidad de salida del efluente.

$$C_{\text{vert}} \left( \frac{m^3}{m \cdot h} \right) = \frac{Q \left( \frac{m^3}{h} \right)}{L(m)}$$

Las recomendaciones sobre parámetros en decantación, después de un proceso biológico, vienen dadas en la bibliografía (Hernández Lehmann, 1997), ahí se encuentra marcado nuestro caso específico, como es la aireación prolongada.

Proceso	Carga sobre vertedero $\left( \frac{m^3}{m \cdot h} \right)$		Carga de sólidos $\left( \frac{kg}{m^2 \cdot h} \right)$		Tiempo de retención (h)		Velocidad ascensional $\left( \frac{m^2}{m^2 \cdot h} \right)$	
	Qmed	Qmax	Qmed	Qmax	Qmed	Qmax	Qmed	Qmax
Convencional	≤5,7	≤10,5	≤2,5	≤6,0	≤3	≤2	≤0,8	≤1,5

Alta carga	$\leq 6,5$	$\leq 11,5$	$\leq 5,6$	$\leq 9,5$	$\leq 2,5$	$\leq 1,5$	$\leq 1,18$	$\leq 2$
Aireación escalonada	$\leq 6,5$	$\leq 11,5$	$\leq 2,8$	$\leq 6,2$	$\leq 2,0$	$\leq 1,5$	$\leq 1,35$	$\leq 2$
Contacto estabilización	$\leq 6,5$	$\leq 11,5$	$\leq 2,2$	$\leq 5,5$	$\leq 3,2$	$\leq 1,6$	$\leq 1,02$	$\leq 2$
Aireación prolongada	$\leq 4,0$	$\leq 9$	$\leq 4,2$	$\leq 7,0$	$\leq 3,6$	$\leq 1,7$	$\leq 0,6$	$\leq 1,5$

Una vez se han tenido en cuenta los parámetros recomendados de diseño, se procede al dimensionamiento del decantador.

Para ello se va a utilizar los valores de caudal medio y caudal máximo. El caudal medio que es el que se ha utilizado para el diseño del reactor biológico es de  $16 \text{ m}^3/\text{día}$ . Este caudal no variará significativamente, ya que la alimentación al reactor se hace de forma controlada a través de un depósito pulmón que garantizará una alimentación uniforme, pero se va a establecer que puedan darse puntas de caudal un poco superiores al caudal diseñado, para ello se tomará un margen de un 25% de maniobra.

$$Q_{med} = 16 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$Q_{max} = 20 \text{ m}^3 / \text{día}$$

### Cálculo de la superficie:

El cálculo de la superficie del decantador se hará teniendo en cuenta que la velocidad ascensional a caudal máximo es de  $1.5 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \right)$  y para el caudal medio se utilizará el valor de  $0.6 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \right)$  ya que es el parámetro aconsejado para caudales inferiores a  $600 \text{ m}^3/\text{d}$ .

A caudal máximo:

$$A_{(Q_{max})} = \frac{Q_{max}}{\text{Velocidad ascensional } (Q_{max})} = \frac{20}{1.5} = 13.33 \text{ m}^2$$

A caudal medio: 
$$A_{(Q_{med})} = \frac{Q_{med}}{\text{Velocidad ascensional } (Q_{med})} = \frac{16}{0.6} = 26.67 \text{ m}^2$$

De aquí se obtiene que el valor de superficie debe ser  $26.67 \text{ m}^2$ .

Se selecciona el área mayor por ser el caso más desfavorable.

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 26.67}{\pi}} = 18.8 \text{ m}$$

Con lo cual se establece un diámetro de  $18.8 \text{ m}$ , para establecer un margen de seguridad del 25%, el cual proporcionará una superficie real de:

$$\text{Superficie real} = \left( \pi \cdot \frac{18.8^2}{4} \right) = 276.6 \text{ m}^2$$

### Comprobación de carga de sólidos:

Los sólidos a la entrada del decantador se calculan de la siguiente forma:

$$\text{Sólidos entrada } Q_{med} \left( \frac{kg}{h} \right) = (Q_F + Q_R) \cdot MLSS = \frac{(16 + 0,65 \cdot 16)}{24} \cdot 5312,5 \cdot 10^{-3} = 5,84 \frac{kg}{h}$$

$$\text{Sólidos entrada } Q_{max} \left( \frac{kg}{h} \right) = (Q_F + Q_R) \cdot MLSS = \frac{(20 + 0,65 \cdot 20)}{24} \cdot 5312,5 \cdot 10^{-3} = 7,3 \frac{kg}{h}$$

Teniendo en cuenta que la superficie real es 1,76, entonces tendremos una carga de sólidos:

$$\frac{\text{Sólidos de entrada } Q_{med}}{\text{superficie real}} = \frac{5,84}{1,76} = 3,32 \frac{kg}{m^2 h} \leq 4,2$$

$$\frac{\text{Sólidos de entrada } Q_{max}}{\text{superficie real}} = \frac{7,3}{1,76} = 4,14 \frac{kg}{m^2 h} \leq 7$$

Luego la superficie adoptada cumple con los parámetros dados en la bibliografía para la carga de sólidos.

### Cálculo de volumen:

$$\text{A caudal máximo: } V_{(Q_{max})} = t_{R(Q_{max})} \cdot Q_{max} = 1,7 \cdot \left( \frac{20}{24} \right) = 1,41 m^3$$

$$\text{A caudal medio: } V_{(Q_{med})} = t_{R(Q_{med})} \cdot Q_{med} = 3,6 \cdot \left( \frac{16}{24} \right) = 2,4 m^3$$

Es decir, el volumen de decantación debe ser mayor o igual a 2,4 m<sup>3</sup>.  
Conocidos volumen y area, calculamos la altura:

$$h = \frac{\text{Volumen}}{\text{Superficie real}} = \frac{2,4}{1,76} = 1,36 m$$

En cuanto a la altura sobre el vertedero, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, recomienda unos valores comprendidos entre 3 y 5 metros. Por lo cual sobre se sobredimensionará la altura hasta 3 metros.

$$V_{real} = 3 \cdot 1,76 = 5,28 m^3$$

**Cálculo de carga sobre el vertedero:**

A caudal máximo:

$$C_{\text{vertedero}(Q_{\text{max}})} = \frac{Q_{\text{max}}}{2 \cdot \pi \cdot D} = \frac{20}{2\pi \cdot 1,5} = 0,088 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \leq 9$$

A caudal medio:

$$C_{\text{vertedero}(Q_{\text{med}})} = \frac{Q_{\text{med}}}{2 \cdot \pi \cdot D} = \frac{16}{2\pi \cdot 1,5} = 0,07 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \leq 4$$

Se aprecia que los valores obtenidos están por debajo de los indicados como válidos en la bibliografía. Por ello podemos decir que el diseño es válido.

El decantador secundario será un tanque tronco cónico, cuyas dimensiones son: 1,5 metros de diámetro y una profundidad de 3 metros.

Para evitar la deposición de fangos en el fondo del depósito se puede optar por dos soluciones, la primera colocar un mecanismo de rascado que vaya moviendo el fango depositado en el fondo del depósito, el cual tendrá una pendiente poco inclinada, o se puede poner una pendiente bastante pronunciada, que impida que se depositen en el fondo del tanque y se puedan producir atascos.

Dadas las dimensiones del depósito que se está diseñando, se ha optado por poner una pendiente pronunciada en el fondo del depósito, concretamente de un 60%, para impedir las deposiciones de lodos.

Por los bordes del decantador habrá un canal por el que mediante rebosamiento salen las aguas clarificadas en dirección a una zona de recogida en un lateral del decantador, que estará conectada a una tubería que conducirá las aguas hacia la zona de vertido.

En el fondo del tanque, por su parte central se recogerán los lodos que van a ser purgados y recirculados al reactor biológico. Los lodos se extraerán por el centro del decantador, al que se le conectará una bomba para el reciclado de los lodos al reactor biológico. A la tubería por la que circularan los lodos se le colocará una válvula para regular la cantidad de lodos purgados y recirculados.

## **6.- CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EQUIPOS.**

### **6.1.- TORNILLO COMPACTADOR.**

Se necesita un tornillo compactador que termine de hacer el tamizado necesario al producto antes de entrar en el sistema, pues los sólidos que pueda haber, entorpecerían el correcto funcionamiento de los equipos posteriores. Se ha estimado que la capacidad que debería tener este tornillo es de  $5 \text{ m}^3 / \text{h}$  de caudal medio, y se capaz de soportar cargas puntuales más altas. Por ello acudiendo a un catalogo de transportadores – compactadores, hemos considerado que el más adecuado a nuestra instalación es el siguiente:

- Datos generales:

Caudal máximo tratamiento =  $12 \text{ m}^3/\text{h}$

Caudal nominal =  $5 \text{ m}^3/\text{h}$

Longitud equipo = 4.000 mm

Ancho equipo = 669 mm

Alto equipo = 788 mm

Posición de montaje: en superficie

- Sistema de desbaste:

Tamiz a sinfín inclinado: gcpc 700 luz de paso = 3 mm

Caudal máximo para agua limpia =  $756 \text{ m}^3/\text{h}$

Inclinación =  $35^\circ$

Sistema de transporte y compactado: incluido deshidratación y compactación de los sólidos separados: 30 a 45 % sistema de limpieza en zona de compactación: incluido en dos posiciones caudal de agua simultaneo necesario = 1 l/s a 5 bar máx. Accionamiento del tamiz de desbaste: motorreductor.

Potencia = 7,5 kw

Protección: ip-55 clase f b5

Tensión y frecuencia: 400 v 50 hz

- Materiales:

Carcasa, soportes tamiz y tubos: acero inoxidable aisi-304 l, soldaduras limpias, decapadas y pasivadas hélices sinfín de desbaste: acero especial de alta resistencia a la erosión reforzado y micro aleado.

## **6.6.- SOPLANTE**

Se necesita de una soplante, para ciertos elementos de la instalación, para suministrar aire. Por ejemplo el desarenador-desengrasador y el Reactor Biológico.

Se ha seleccionado la siguiente soplante, porque en función del tipo de residuo ante el que nos encontremos las condiciones de operación variaran, y con este equipo se tiene margen de maniobra.

Grupo motosoplante de las siguientes características:

- datos de servicio:

Medio a vehicular: aire

Caudal en condiciones normales: 100 Nm<sup>3</sup>/h.

Temperatura aspiración: 20°C.

Temperatura impulsión: 61°C.

Presión aspiración: 1,00 bar (abs)

Presión impulsión: 1,44 bar (abs)

Presión diferencial: 440 mbar

Nº revoluciones soplante: 3.000 /min.

Nº revoluciones motor: 2.955 /min.

Potencia absorbida: 3,5 kw.

Potencia motor: 4 kw.

Tolerancias (según DIN 1952) para caudal de aspiración  $\pm 5$  para potencia absorbida  $\pm 5\%$

Nivel de ruido

Presión sonora sin cabina aprox.: 93 db(a)

Presión sonora con cabina aprox.: 81 db(a)

Medido en el exterior a 1 m de distancia del agregado (tolerancia  $\pm 2$  db)  
método de medida s/din 45635

- certificado de materiales según din 50049 2.2

Tipo: émbolos rotativos

Ejecución: delta blower

Carcasa: material: en-gjl-200 (gg 20) refrigerado por aire con canales de admisión previa en el lado de presión de la carcasa, para reducción de ruido por disminución de pulsaciones.

Émbolos rotativos: 3 lóbulos

Material: c 45 n, forjado en una pieza

Dinámicamente equilibrado

Engranajes de sincronismo: material: 16 mn cr 5e

Dentado helicoidal, templado y rectificado.

Cojinetes: rodamientos.

Lubricación: por barboteo. Cantidad de aceite: 2 litros.

Estanqueidad cámara de transporte: mediante cuatro anillos rectangulares con laberintos y chapas dispersoras. Estanqueidad del eje de accionamiento: mediante retén de eje.

Pintura: imprimación por inmersión.

Acabado con resina sintética color azul ral 5001.

Dirección del flujo: hacia abajo.

Dirección de giro: visto hacia el eje de accionamiento contra reloj.

Accionamiento: transmisión por correas y poleas.

Soplante:

Brida de aspiración: dn 65 en 1092-2 pn 10, taladrada

Brida de impulsión: dn 65 en 1092-2 pn 10, taladrada

## **7.- DIMENSIONADO DEL CUBETO DE PROTECCIÓN.**

Según el REAL DECRETO 1523/1999, de 1 de octubre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones petrolíferas, aprobado por Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, y las instrucciones técnicas complementarias MI-IP03, aprobada por el Real Decreto 1427/1997, de 15 de septiembre, y MI-IP04, aprobada por el Real Decreto 2201/1995, de 28 de diciembre, que regula las dimensiones de los cubetos de protección, dice lo siguiente:

Cuando varios tanques se agrupen en un mismo cubeto, la capacidad de éste será, al menos, igual a los siguientes valores:

El 100 % del tanque mayor, considerando que no existe éste, pero si los demás; es decir, descontando del volumen total de cubeto vacío el volumen de la parte de cada recipiente que quedaría sumergido bajo el nivel del líquido, excepto el del mayor.

El 10 % de la capacidad global de los tanques, considerando que no existe ningún recipiente en su interior.

Suponiendo que vamos a hacer un cubeto de protección de 10 x 18 metros, como queda reflejado en los planos, nos queda saber la altura del muro de este.

El área del cubeto es de  $180 \text{ m}^2$ , le restamos la parte del segundo recipiente que quedaría sumergido es decir 7,26 m de diámetro que hacen  $41,39 \text{ m}^2$ . Nos queda  $138,60 \text{ m}^2$ . Lo que nos da que el cubeto debe tener para albergar el 100 % del depósito 2,16 m de altura.

Para sobredimensionar se pondrá una altura de 2,40 m del cubeto.

### **3.- ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

## **ÍNDICE**

<b>1.- ANTECEDENTES Y OBJETO .....</b>	<b>2</b>
<b>2.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....</b>	<b>4</b>
<b>3.- NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES A LA OBRA.....</b>	<b>5</b>
<b>4.- DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y PROGRAMACIÓN DE LA OBRA.....</b>	<b>6</b>
<b>4.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA .....</b>	<b>6</b>
<b>4.2.- FASES DE EJECUCIÓN DE LA OBRA .....</b>	<b>6</b>
<b>4.3.- OFICIOS, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES PREVISTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA .....</b>	<b>7</b>
<b>5.- ANÁLISIS GENERAL DE RIESGOS Y PREVENCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>6.- SEÑALIZACIÓN DE LOS RIESGOS .....</b>	<b>39</b>
<b>6.1.- SEÑALIZACIÓN DE LOS RIESGOS DEL TRABAJO .....</b>	<b>39</b>
<b>6.2.- SEÑALIZACIÓN VIAL .....</b>	<b>39</b>
<b>7.- INSTALACIONES PROVISIONALES PARA LOS TRABAJADORES</b>	<b>41</b>
<b>8.- PREVENCIÓN ASISTENCIAL EN CASO DE ACCIDENTE.....</b>	<b>42</b>
<b>8.1.- PRIMEROS AUXILIOS .....</b>	<b>42</b>
<b>8.2.- MEDICINA PREVENTIVA .....</b>	<b>42</b>
<b>8.3.- EVACUACIÓN DE ACCIDENTADOS .....</b>	<b>43</b>
<b>9.- OBLIGACIONES DEL PROMOTOR .....</b>	<b>44</b>
<b>10.- COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD .....</b>	<b>45</b>

<b>11.- PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO .....</b>	<b>46</b>
<b>12.- OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS ...</b>	<b>47</b>
<b>13.- OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS .....</b>	<b>48</b>
<b>14.- LIBRO DE INCIDENCIAS .....</b>	<b>50</b>
<b>15.- PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS .....</b>	<b>51</b>
<b>16.- DERECHOS DE LOS TRABAJADORES .....</b>	<b>52</b>
<b>17.- DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LAS OBRAS .....</b>	<b>53</b>

## **1.- ANTECEDENTES Y OBJETO**

Se redacta el presente Estudio de Seguridad y Salud de acuerdo con lo establecido en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D. 1627/1997 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Es el objetivo del presente Estudio de Seguridad la prevención de todos los riesgos que indudablemente se producen en cualquier proceso laboral y está encaminado a proteger la integridad de las personas y los bienes, indicando y recomendando los medios y métodos que habrán de emplearse, así como las secuencias de los procesos laborales adecuados en cada trabajo específico, con el fin de, contando con la colaboración de todas las personas que intervienen en los trabajos, conseguir un riesgo nulo durante el desarrollo de los mismos.

Se atenderá especialmente a los trabajos de mayor riesgo, y se cuidarán las medidas para las protecciones individuales y colectivas, señalizaciones, instalaciones provisionales de obra y primeros auxilios.

Como resumen de los objetivos que éste Plan pretende alcanzar, se enumeran los siguientes según el R.D. 1627/7/1997 y en su Art. 8. Principios generales aplicables al Proyecto de obras, y además:

- 1) Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores, con aplicación del Art. 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, (31/1995/8 de Noviembre) “Principios de Acción Preventiva” que dice:
  - a) Evitar los riesgos.
  - b) Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
  - c) Combatir los riesgos en sus orígenes.
  - d) Adaptar el trabajo a la persona...atenuar la monotonía... lo repetitivo...
  - e) Tener en cuenta la evolución de la técnica.
  - f) Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún riesgo.
  - g) Planificar la prevención buscando un conjunto coherente.
  - h) Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
  - i) Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
  
- 2) Evitar acciones o situaciones peligrosas por imprevisión, insuficiencias o faltas de medios.

- 3) Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de Seguridad, a las personas que intervienen en el proceso constructivo.
- 4) Determinar los costos de las medidas de protección y prevención.
- 5) Definir la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo. Ante la duda, se dispondrá la protección más completa.
- 6) Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la problemática de la obra.
- 7) Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan los riesgos lo más posible.
- 8) Se investigarán y analizarán los accidentes que ocurran. Se estudiará el origen. Se rechazarán por sistema las causas "fortuitas", se esclarecerán los hechos. Se buscará la trayectoria y trazabilidad de lo ocurrido. Se dispondrán los medios para que no se repitan las causas.

## **2.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La obra objeto del presente Estudio de Seguridad y Salud, consiste en un la CONSTRUCCION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS TIPO MARPOL. Para ello, se ejecutarán todas las partidas necesarias de movimiento de tierras, cimentación, cerramientos, saneamiento, e instalaciones diversas, imprescindibles para su construcción.

### **3.- NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES A LA OBRA**

- Ley 31/ 1.995 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1.997 sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1.997 sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1.997 sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.

- Real Decreto 39/1.997 Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1.997 sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Estatuto de los Trabajadores.
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica, en los títulos no derogados.

Adicionalmente, serán de aplicación las Condiciones Técnicas y Prescripciones Reglamentarias de aplicación a cada uno de los trabajos.

## **4.- DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y PROGRAMACIÓN DE LA OBRA**

### **4.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA**

Como ya anteriormente se ha indicado, la obra objeto del presente Estudio de Seguridad y Salud, consiste en la construcción de una planta de tratamiento de Residuos tipo MARPOL.

En la Memoria Descriptiva y Planos del proyecto en el que se integra este estudio se recoge una descripción detallada de las características de estas obras e instalaciones.

### **4.2.- FASES DE EJECUCIÓN DE LA OBRA**

En coherencia con las características de la obra, se han previsto las siguientes fases de ejecución:

- Pozo de bombeo.
- Almacenamiento en depósitos.
- Tamizado mediante tornillo compactador
- Desarenador-desengrasador.
- Reactor biológico.
- Obra de salida.

- Desodorización.
- Arquetas de vaciados.
- Nave de tratamiento.
- Conducciones. Tuberías de interconexión de los distintos aparatos y bypass de los mismos.
- Explanación general de la planta. Urbanización, viales, iluminación, etc. Cerramientos.

#### **4.3.- OFICIOS, MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES PREVISTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.**

Las actividades de obra descritas, se realizan con la concurrencia de los siguientes oficios:

- Albañilería en general.
- Pintores.
- Electricistas.
- Fontaneros.
- Montadores de tanques.
- Montadores de equipos en general.
- Montadores de tubería e instrumentación.
- Montadores de equipos de bombeo.
- Montadores de estructuras metálicas.

Como medios auxiliares para la realización de los diferentes trabajos, se ha previsto la utilización de:

- Andamios en general.
- Escaleras de mano.
- Redes de seguridad.
- Líneas de vida.

Como maquinaria necesaria para la ejecución de la obra se ha previsto el empleo de:

- Retroexcavadora.
- Pala cargadora.
- Volquete autopropulsado.
- Motoniveladora.
- Camión de transporte de materiales.
- Camión cisterna de agua.
- Camión cuba hormigonera.
- Camión grúa.
- Dumper.
- Martillo neumático.

- Máquinas herramienta de mano en general.
- Hormigonera eléctrica.
- Vibradores eléctricos.
- Dobladora eléctrica para la conformación de armaduras de ferralla.
- Taladro eléctrico portátil.
- Rozadora radial eléctrica.
- Soldadora por arco eléctrico.

## **5.- ANÁLISIS GENERAL DE RIESGOS Y PREVENCIÓN.**

Se realiza a continuación un análisis y evaluación de riesgos asociados a la ejecución de la obra, con indicación de las medidas preventivas a adoptar, y los equipos de protección individual y colectiva a emplear. No obstante, como medidas preventivas de carácter general se tendrá en cuenta:

### **Actividades de la obra:**

- Se mantendrán las vallas de obras en buen estado vigilándolas y manteniéndolas en el transcurso de la obra.
- Se mantendrán limpias las áreas de trabajo, evitando acumulación de escombros y montículos de tierra.
- Se señalizará y separará el tránsito de vehículos y operarios.
- Se colocarán barandillas en los bordes de los desniveles (0.90 m.).

- Se evitará una exposición constante de los operarios a los agentes atmosféricos adversos.
- Se colocarán los topes de retroceso para vertido y carga de vehículos.
- Las cargas deberán ir paletizadas con el fin de evitar el deslizamiento de cualquier material en la maniobra de izado y traslado.
- Se apilarán ordenadamente los elementos auxiliares antes y después de utilizarlos.

**Los oficios que intervienen en la obra:**

- Se mantendrán los tajos limpios de escombros o medios auxiliares.
- Se señalizará el área dispuesta por donde se vierten los escombros.
- Se evitará el acopio de cemento, yesos o derivados que estén mal envasados o rotos con el fin de no provocar polvaredas que puedan afectar a operarios y transeúntes fuera del recinto delimitado para la obra.
- No se permitirá la realización de fuego en la obra bajo ningún concepto, evitándose así incendios, asfixias, etc.
- Los envases almacenados deben permanecer correctamente cerrados.
- Se vigilará que los locales o lugares de trabajo donde sea necesaria la utilización de maquinaria que produzcan polvo estén perfectamente ventilados.
- Se cuidará que cada oficio que por necesidad de los medios auxiliares necesiten corriente eléctrica, la tomen de los cuadros de distribución de

equipados con puesta a tierra, así como conectar los aparatos con las clavijas macho hembra para tal fin.

**Medios auxiliares:**

- Se extremará el cuidado oportuno para instalar andamios en planos horizontales. Si por cualquier motivo esto no fuese posible, se calzarán adecuadamente con elementos resistentes y se tomarán medidas para evitar el deslizamiento de los citados elementos y vuelcos.
- Antes de la utilización de cualquier medio auxiliar, se comprobará el estado del mismo desechando todo aquel que no cumpla con las prescripciones mínimas.
- Los medios auxiliares deberán poseer los elementos propios adecuados para la prevención de la seguridad.

**Maquinaria para intervenir en la obra:**

- Se recibirá en la obra la maquinaria que cumpla con las condiciones de seguridad dispuestas para cada una en la legislación vigente, desechando aquellas que no lo cumplan.
- Se designará la circulación interior en la obra para las distintas maquinarias rodadas adecuando el terreno para tal fin para evitar vuelcos y atropellos.
- No se dejarán las máquinas funcionando si no existe un operario pendiente de su utilización.
- No se colocarán instalaciones provisionales o definitivas en el trazado designado para la circulación de maquinaria.

- Cuando en la ejecución de la obra coincidan dos o más máquinas de circulación rodada, se dispondrá un trabajador u operario para controlar el movimiento alternativo de las mismas.
- Para la maquinaria portátil o de fácil traslado, se tendrá en cuenta que posea los elementos de seguridad diseñados para la misma, que esté conectada correctamente en el cuadro de distribución, que los cables no estén pelados o dañados. No se trabajará con la mencionada maquinaria en presencia de agua, sólo se utilizará aquella que esté diseñada para tal fin.
- Las máquinas de uso corriente y de pequeño tamaño suelen tener elementos que por su utilización en el trabajo requerido se desgastan, por lo que hay que evitar apurar al máximo dicho material para evitar riesgos leves ligeramente dañinos.

#### **Instalaciones de la obra:**

- Se suministrarán andamios en perfecto estado, no acumulando los materiales a manipular de forma desordenada.
- No se trabajará sin comprobar que la instalación no posee tensión eléctrica.
- Se comprobará antes del inicio de la jornada laboral en estado de las bombonas de butano.
- No se manejarán productos tóxicos en lugares cerrados o sin ventilación.

#### **Desmontaje de las instalaciones provisionales de la obra:**

- Antes de la eliminación o retirada de los elementos auxiliares e instalaciones provisionales de la obra, se comprobará que los servicios están desconectados.

Se muestra un análisis y evaluación inicial de riesgos para las principales actividades de esta obra:

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGOS													
Actividad: Acometidas para servicios provisionales de obra	Lugar de evaluación: Sobre planos												
Nombre del peligro identificado	Probabilidad			Protección		Consecuencias			Estimación del riesgo				
	B	M	A	C	I	Ld	D	Ed	T	To	M	I	In
Caída a distinto nivel: Zanjas, barro, irregularidades del terreno, escombros ...	X				X	X			X				
Sobre esfuerzos por posturas forzadas o soportar cargas.	X				X	X			X				
Caídas al mismo nivel por: Irregularidades del terreno, barro, escombros ...	X				X	X			X				
Cortes por manejo de herramientas.	X				X	X			X				
MEDIDAS PREVENTIVAS													
1.-Se prohíbe cualquier trabajo o estancia de personas en la zona de influencia donde se encuentren maquinas.													
2.- Las tareas serán efectuadas por personal especializado para cada tipo de acometida.													
3.-Se evitarán los periodos de trabajo en solitario, en la medida de lo posible, salvo circunstancias excepcionales o de emergencia.													
4.- Se mantendrán las especificaciones recogidas en los apartados de fontanería y taller de fontanería, instalaciones de tuberías de saneamiento e instalaciones provisionales de obra.													

EQUIPOS DE PREVENCIÓN				
1.- Cascos de seguridad.				
2.- Guantes de cuero.				
3.- Guantes de goma o PVC.				
4.- Calzado de seguridad.				
5.- Botas de goma o PVC.				
6.- Protectores auditivos.				
7.- Cinturón antivibratorio.				
8.- Mascarilla con filtro mecánico.				
Interpretación de las abreviaturas				
Probabilidad	Protección	Consecuencias	Estimación del riesgo	
B = Baja M = Media A = Alta	C = Colectiva I = Individual	Ld = Ligeramente dañino D = Dañino Ed = Extremadamente dañino	T = Riesgo trivial To = Riesgo tolerable M = Riesgo moderado	I = Riesgo importante In = Riesgo intolerable

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGOS													
Actividad: excavación de Zanjas y Cajeados				Lugar de evaluación: Sobre planos									
Nombre del peligro identificado	Probabilidad			Protección		Consecuencias			Estimación del riesgo				
	B	M	A	C	I	Ld	D	Ed	T	To	M	I	In
Los derivados de la actitud vecinal ante la obra: Protestas, rotura de vallas de cerramiento, paso a través, etc.	X						X			X			
Sobre esfuerzos, golpes y atrapamientos durante el montaje del cerramiento provisional de la obra.	X				X	X			X				
Caídas al mismo nivel por: Irregularidades del terreno, barro, escombros ...	X				X	X			X				
Los propios de la maquinaria y medios auxiliares a montar.	X						X			X			
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>													
1.- Se prohíbe cualquier trabajo de medición o estancia de personas en la zona de influencia donde se encuentren las máquinas que realizan labores de desarbolado, destoconado o desbroce.													
2.- Se prohíbe realizar trabajos de en pendientes superiores a las establecidas por el fabricante. este													

tipo			
3.- Las máquinas irán provistas de sus correspondientes cabinas.			
4.- Se evitarán los periodos de trabajo en solitario, en la medida de lo posible, salvo circunstancias excepcionales o de emergencia.			
5.- Cuando sea necesario realizar operaciones de mantenimiento en las máquinas habrán de realizarse siempre en áreas despejadas totalmente de vegetación.			
6.- En las operaciones de desbroce en zonas con roca se evitará el golpeo de estas, pues causan chispas que podrían provocar incendio.			
<b>EQUIPOS DE PREVENCIÓN</b>			
1.- Cascos de seguridad.			
2.- Guantes de cuero.			
3.- Guantes de goma o PVC.			
4.- Calzado de seguridad.			
5.- Botas de goma o PVC.			
6.- Protectores auditivos.			
7.- Cinturón antivibratorio.			
8.- Mascarilla con filtro mecánico.			
Interpretación de las abreviaturas			
Probabilidad	Protección	Consecuencias	Estimación del riesgo
B = Baja M = Media A = Alta	C = Colectiva I = Individual	Ld = Ligeramente dañino D = Dañino Ed = Extremadamente dañino	T = Riesgo trivial To = Riesgo tolerable M = Riesgo moderado
			I = Riesgo importante In = Riesgo intolerable

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGOS													
Actividad: Montaje de estructuras metálicas.	Lugar de evaluación: Sobre planos												
Nombre del peligro identificado	Probabilidad			Protección		Consecuencias			Estimación del riesgo				
	B	M	A	C	I	L	D	E	T	T	M	I	In
Vuelco de pilas por acopio de perfilera.	X			X	X		X			X			
Desprendimiento de cargas suspendidas.	X			X			X			X			
Derrumbamiento por golpes con cargas suspendidas de elementos punteados.	X			X	X	X			X				
Atrapamientos por objetos pesados.	X			X	X		X			X			
Golpes y/o cortes en manos y piernas por objetos y/o herramientas.	X				X	X			X				
Vuelcos de estructura.	X			X			X			X			
Quemaduras.	X							X		X			
Caídas de personal al mismo nivel.	X				X		X			X			
Pisadas sobre objetos punzantes.	X				X	X			X				
Electrocución por anulación de tomas de tierra de maquinaria eléctricas.	X				X	X			X				
Radiaciones por soldadura de arco.	X				X	X			X				

## Estudio de Seguridad y Salud

Contacto con la corriente eléctrica.	X				X	X			X				
Incendios		X			X	X				X			
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>													
1.- La perfilería será acopiada en el lugar designado en los planos.													

2.-la zona destinada al acopio de perfilería será previamente acopiada.
3.- Los perfiles será acopiados previamente teniendo en cuenta que en ningún caso será superada la altura de 1.50 m.
4.- Los perfiles se apilarán en función de sus dimensiones.
5.- Los perfiles se apilarán por capas horizontales. Cada capa se apilará en sentido perpendicular a la inmediatamente inferior.
6.- Las maniobras de montaje de estructuras y cubiertas serán gobernadas por tres operarios. Dos de ellos guiarán el perfil mediante sogas siguiendo las directrices del primero.
7.- Entre pilares se tenderán cables de seguridad a los que amarrar el mosquetón del cinturón de seguridad que será utilizado en los desplazamientos sobre las alas de las vigas.
8.- Las tareas de soldadura en cubierta se realizarán por medio de andamios tubulares correctamente fijados a pilares y que poseerán plataformas de trabajo de 60 cm De anchura, y de barandillas perimetrales de 90 cm
9.- En las zonas donde no sea posible trabajar en cubierta por medio de andamios tubulares debidamente fijados, se colocarán redes de protección.
10.- Tras la conclusión de trabajos de soldadura se revisará el estado de las redes
11.- Se revisará diariamente la fijación de las redes

12.- Se prohíben los trabajos en altura sin fijación de los cinturones. A elementos fijos.
13.- Se prohíbe n los trabajos de soldadura sobre tajos donde en niveles inferiores se encuentren otros operarios.
14.- Se prohíbe la permanencia o paso de operarios bajo tajos de soldadura.
15.- Se prohíbe el tránsito o la realización de trabajos de soldadura bajo la circulación de cargas suspendidas.

## Estudio de Seguridad y Salud

16.-las botellas de gases en uso de la obra permanecerán dentro del carro porta botellas correspondientes.
17.- Se prohíbe tender las mangueras o cables eléctricos de forma desordenada.
18.- Se prohíbe dejar la pinza y el electrodo directamente en el suelo conectado al grupo. Se exige el uso recoge pinzas.

<b>EQUIPOS DE PREVENCIÓN</b>
1.- Cascos de seguridad.
2.- Guantes de cuero.
3.- Guantes de goma o PVC.
4.- Calzado de seguridad.
5.- Botas de goma o PVC.
6.- Manoplas de soldador
7.- Mandil de soldador
8.- Polainas de soldador
9.- Yelmo de soldador
10.- Pantallas de mano para soldador
11.- Gafas de soldador
12.- Gafas de seguridad antiproyecciones
Interpretación de las abreviaturas

Probabilidad	Protección	Consecuencias	Estimación del riesgo	
B = Baja	C = Colectiva I = Individual	Ld = Ligeramente dañino	T = Riesgo trivial	I = Riesgo importante In = Riesgo intolerable
M = Media		D = Dañino	To = Riesgo tolerable	
A = Alta		Ed = Extremadamente dañino	M = Riesgo moderado	

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGOS													
Actividad: Instalación de maquinaria	Lugar de evaluación: Sobre planos												
Nombre del peligro identificado	Probabilidad			Protección		Consecuencias			Estimación del riesgo				
	B	M	A	C	I	L	D	E	T	T	M	I	In
Desprendimiento de la carga suspendida a gancho grúa, (eslingado erróneo).	X				X		X				X		
Caídas al mismo nivel, (desorden de obra o del taller de obra).	X				X	X				X			
Caídas a distinto nivel.	X			X	X		X				X		
Caídas desde altura, (montaje de carpintería en fachadas)	X			X	X		X				X		
Cortes en las manos por el manejo de máquinas herramientas manuales.	X				X	X				X			
Golpes en miembros por objetos o herramientas.		X			X	X					X		
Atrapamiento de dedos entre objetos pesados en manutención a brazo.		X			X		X					X	
Pisadas sobre objetos punzantes, lacerantes o cortantes, (fragmentos).	X				X	X				X			
Caída de elementos de carpintería	X			X			X				X		

Estudio de Seguridad y Salud

metálica sobre las personas o las cosas, (falta de apuntalamiento o apuntalamiento peligroso).																				
Contactos con la energía eléctrica, (conexiones directas sin clavija; cables lacerados o rotos).		X		X			X													X
Sobre esfuerzos por sustentación de elementos pesados.	X					X	X						X							
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>																				
1.- Los elementos de carpintería se descargarán en bloques perfectamente flejados o atados, pendientes mediante eslingas del gancho de la grúa.																				
2.- Los acopios de carpintería metálica se acopiarán en los lugares destinados a tal efecto para ello y que aparecen indicados en planos.																				
3.- En todo momento se mantendrán libres los pasos o caminos de intercomunicación interior y exterior de la obra para evitar posibles accidentes por tropiezos e interferencias.																				
4.- El capataz o encargado de obra vigilará que todos los elementos estén correctamente acopiados, para evitar posibles accidentes por desplomes.																				
5.- En todos los tajos se mantendrán las zonas de circulación libres de cascos, recortes metálicos y elementos punzantes para evitar accidentes por pisadas sobre objetos punzantes.																				
6.- Antes de la utilización de una maquinaria herramienta, el operario deberá estar provisto del documento expreso de autorización de manejo de esa determinada máquina (radial, remachadora, lijadora, etc.)																				
7.- Antes de la utilización de cualquier máquina- herramienta se comprobará que está en perfectas condiciones y con los medios de protección en perfectas condiciones.																				
8.- Los cercos metálicos serán presentados por un mínimo de una cuadrilla, para evitar los riesgos de vuelcos, golpes o caídas.																				
9.- El cuelgue de las hojas de las carpinterías se efectuará como mínimo de una cuadrilla, para evitar el riesgo de vuelco o desplome.																				
10.- Toda la maquinaria eléctrica a utilizar dispondrá de toma de tierra en combinación con los disyuntores diferenciales del cuadro general de la obra o de doble aislamiento.																				
11.- Se notificará a la Dirección Facultativa, las desconexiones habidas por funcionamiento de los disyuntores diferenciales.																				

12.- Los elementos metálicos que resulten inseguros en situaciones de consolidación de su recibido se mantendrán apuntalados para garantizar su perfecta ubicación definitiva y evitar desplomes.
13.- Los tramos metálicos longitudinales (postes) transportadas por un solo hombre, irán inclinadas hacia atrás, procurando que la punta que va por delante esté a una altura superior a la de una persona, para evitar golpes a otras personas.
<b>EQUIPOS DE PREVENCIÓN</b>
1.- Cascos de seguridad.
2.- Guantes de cuero.
3.- Faja elástica de sujeción de cintura.
4.- Calzado de seguridad.
5.- Botas con puntera reforzada.
6.- Cinturón de seguridad clases A,B,C.
7.- Trajes par a tiempo lluvioso.
8.- Ropa de trabajo.
Interpretación de las abreviaturas

Probabilidad	Protección	Consecuencias	Estimación del riesgo	
B = Baja M = Media A = Alta	C = Colectiva I = Individual	Ld = Ligeramente dañino D = Dañino Ed = Extremadamente dañino	T = Riesgo trivial To = Riesgo tolerable M = Riesgo moderado	I = Riesgo importante In = Riesgo intolerable

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGOS													
Actividad: Instalación eléctrica Baja Tensión.	Lugar de evaluación: Sobre planos												
Nombre del peligro identificado	Probabilidad			Protección		Consecuencias			Estimación del riesgo				
	B	M	A	C	I	L	D	E	T	T	M	I	In
Caídas de personas a distinto nivel.	X			X	X		X			X			
Caídas de personas al mismo nivel.	X			X			X			X			
Cortes por manejo de herramientas manuales.	X			X	X	X			X				
Cortes por manejo de guías y conductores.	X			X	X		X			X			
Golpes por herramientas manuales.	X				X	X			X				
Sobreesfuerzos.	X			X			X			X			
Contactos eléctricos directos		X			X		X			X			
Contactos eléctricos indirectos.		X			X		X			X			
Mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección.		X		X			X			X			
Mal funcionamiento de las tomas de tierra.		X		X			X			X			
Quemaduras.	X							X		X			
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>													
1.- El calibre y sección del cuadro será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar en función del cálculo realizado por la maquinaria e iluminación prevista													

2.- Los hilos tendrán la funda aislante sin defectos despreciables.
3.- Las posibles derivaciones desde el cuadro general a los cuadros secundarios deberán siempre realizarse por medio de mangueras antihumedad.
4.- Los empalmes entre mangueras siempre estarán elevados, y nunca por el suelo.
5.- Los empalmes definitivos se realizarán utilizando cajas de empalmes normalizadas estancos de seguridad.
6.- En ningún caso el trazado de suministro eléctrico coincidirá con el de suministro de agua.
7.- Las mangueras de “alargaderas” provisionales y de corta distancia podrán llevarse por el suelo pero siempre aproximadas a paramentos verticales.
8.- Las mangueras de alargaderas provisionales, se empalmarán mediante conexiones normalizadas estancos antihumedad o fundas aislantes termorretráctiles.
9.- Los interruptores se ajustarán expresamente a lo recogido en el Reglamento de Baja Tensión.
10.- Los interruptores se instalarán en el interior de las cajas normalizadas, provistas de cerradura con cierre de seguridad.
11.- Las cajas de los interruptores permanecerán colgadas, bien a los paramentos verticales o bien a los pies derechos estables.
12.- Los cuadros eléctricos serán metálicos de tipo para la intemperie, y se protegerán del agua de lluvia mediante viseras eficaces como protección adicional.
13.- Los cuadros metálicos exteriores tendrán carcasa conectada a tierra.
14.- Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a pies derechos firmes.
15.- Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante, calculados expresamente para realizar la maniobra con seguridad.
16.- Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie, en número determinado según cálculo realizado.
17.- Las tomas de corriente de los cuadros se efectuarán de los cuadros mediante clavijas normalizadas blindadas y siempre que sea posible con enclavamiento.
18.- Cada toma de corriente suministrará energía a un único aparato, máquina o herramienta.
19.- La tensión siempre estará en la clavija “hembra”, nunca en la clavija “macho”, para evitar contactos eléctricos directos.

20.- Los interruptores automáticos se instalarán en todas las líneas de toma de corriente de los cuadros de distribución y de alimentación a todas las máquinas, aparatos y máquinas – herramientas de funcionamiento eléctrico.
21.- Los circuitos generales estarán protegidos con interruptores.
22.- Toda la maquinaria eléctrica estará protegida por disyuntor general.
23.- Todas las líneas estarán protegidas por disyuntor general.
24.- Las partes metálicas de todo el equipo eléctrico dispondrá de toma de tierra.
25.- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.
26.- La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.
27.- El hilo de tierra siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.
28.- La toma de tierra de la máquina que no esté dotada de doble aislamiento, se efectuará mediante hilo neutro en combinación con el cuadro de distribución correspondiente y el cuadro de obra.
29.- Las tomas de tierra calculadas estarán situadas en el terreno de tal forma que su funcionamiento y eficacia sea el requerido por la instalación.
30.- La conductividad del terreno se efectuará vertiendo periódicamente en la pica, ( placa o conductor) agua de forma periódica.
31.- El punto de conexión de la pica estará protegido en arqueta de tapa practicable.
32.- No se efectuará el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas.
33.- Junto al cuadro general se instalará un extintor de polvo químico.
34.- Los cables de obra estarán protegidos como mínimo de 1000V de tensión de aislamiento.
35.- No se permitirán empalmes mal ejecutados.
36.-Cuadro de protección IP-55
37.- El cuadro será ubicado en sitio seco.
38.-El cuadro de obra no será manipulado en ambiente mojado.
39.- Cualquier manipulación sobre la instalación o elementos eléctricos será llevada a cabo por personal cualificado para ello, y siempre con la instalación fuera de servicio.
EQUIPOS DE PREVENCIÓN

1.- Casco de polietileno.
2.- Botas aislantes de electricidad.
3.- Guantes aislantes de electricidad.
4.- Plantillas anticlavos.
5.- Comprobadores de tensión.
6.- Ropa de trabajo.
7.- Trajes par a tiempo lluvioso.
8.- Cinturón de seguridad clase C.
Interpretación de las abreviaturas

Probabilidad	Protección	Consecuencias	Estimación del riesgo	
B = Baja M = Media A = Alta	C = Colectiva I = Individual	Ld = Ligeramente dañino D = Dañino Ed = Extremadamente dañino	T = Riesgo trivial To = Riesgo tolerable M = Riesgo moderado	I = Riesgo importante In = Riesgo intolerable

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGOS													
Actividad: Instalación de red de tuberías				Lugar de evaluación: Sobre planos									
Nombre del peligro identificado	Probabilidad			Protección		Consecuencias			Estimación del riesgo				
	B	M	A	C	I	L	D	E	T	T	M	I	In
Caídas de personas a distinto nivel.	X			X	X		X			X			
Caídas de personas al mismo nivel.	X			X			X			X			
Cortes por manejo de herramientas manuales.	X			X	X	X			X				
Atrapamientos por objetos pesados.	X			X	X		X			X			
Explosión (de soplete, botellas de gases licuados, bombonas)	X				X	X			X				
Sobreesfuerzos.	X			X			X			X			
Pisadas sobre objetos punzantes.	X				X	X			X				
Incendio, (impericia; fumar; desorden del taller con material inflamable).		X		X	X	X				X			
Ruido, (amolado).	X			X		X				X			
Contacto con la energía eléctrica, (anular o puntear protecciones, conexiones directas sin clavija).		X		X	X		X				X		
Radiaciones por arco voltaico.		X			X		X				X		
Intoxicación por vapores metálicos, (ausencia de captación localizada).		X			X		X				X		
Proyección violenta de partículas, (picado del cordón de soldadura;	X				X	X			X				



### Estudio de Seguridad y Salud

Probabilidad	Protección	Consecuencias	Estimación del riesgo	
B = Baja M = Media A = Alta	C = Colectiva I = Individual	Ld = Ligeramente dañino D = Dañino Ed = Extremadamente dañino	T = Riesgo trivial To = Riesgo tolerable M = Riesgo moderado	I = Riesgo importante In = Riesgo intolerable

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGOS													
Actividad: Andamios en general.	Lugar de evaluación: Sobre planos												
Nombre del peligro identificado	Probabilidad			Protección		Consecuencias			Estimación del riesgo				
	B	M	A	C	I	L	D	E	T	T	M	I	In
Caídas a distinto nivel	X			X			X			X			
Caídas desde altura, (plataformas peligrosas, vicios adquiridos, montaje peligroso de andamios, viento fuerte, cimbreo del andamio)	X			X	X			X			X		
Caídas al mismo nivel (desorden sobre el andamio)	X				X	X			X				
Desplome o caída del andamio (fallo de anclajes horizontales, pescantes, nivelación, etc.)	X							X			X		
Contacto con la energía eléctrica (proximidad a las líneas eléctricas aéreas, uso de máquinas eléctricas sobre el andamio, anula las protecciones)	X						X			X			
Desplome o caída de objetos (tablones, plataformas metálicas, herramientas, materiales, tubos crucetas)	X							X		X			
Golpes por objetos o herramientas.	X				X		X			X			
Atrapamientos entre objetos en fase de montaje.	X				X		X			X			
Los derivados del padecimiento de enfermedades no detectadas: epilepsia, vértigo.	X							X			X		
MEDIDAS PREVENTIVAS													

## Estudio de Seguridad y Salud

1.- Los andamios deberán permanecer arriostrados para evitar movimientos indeseables.
2.- Las estructuras de los andamios deberán ser revisadas.
3.- Los tramos verticales de los andamios deberán estar apoyados sobre tablonces de reparto de cargas.
4.- Los pies derechos de los andamios en las zonas de reparto de terreno inclinado, se suplementarán mediante tacos o porciones de tablón.
5.- Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm De anchura y estarán firmemente ancladas a los apoyos de manera que se eviten los movimientos innecesarios provocando deslizamientos o vuelcos.
6.- Se prohíbe arrojar desde los andamios escombros.
7.- La distancia máxima entre el andamio y el paramento vertical no será superior a 30 cm
8- Se establecerá a lo largo y ancho de los paramentos verticales puntos fuertes de seguridad en los que se arriostren los andamios.
9.- Los andamios se inspeccionarán diariamente por el encargado de obra antes del inicio de los trabajos para prevenir fallos o faltas de medida de seguridad.
10.- Los elementos que denoten algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de inmediato para su reparación.
<b>EQUIPOS DE PREVENCIÓN</b>
1.- Cascos de seguridad.
2.-Botas de seguridad (según casos)
3.- Calzado de seguridad (según caso)
4.- Calzado antideslizante
5.- Cinturón de seguridad clase A,C
6.- Ropa de trabajo
7.- Trajes para ambientes lluviosos.
Interpretación de las abreviaturas

Probabilidad	Protección	Consecuencias	Estimación del riesgo
--------------	------------	---------------	-----------------------

---

## Estudio de Seguridad y Salud

---

B = Baja M = Media A = Alta	C = Colectiva I = Individual	Ld = Ligeramente dañino D = Dañino Ed = Extremadamente dañino	T = Riesgo trivial To = Riesgo tolerable M = Riesgo moderado	I = Riesgo importante In = Riesgo intolerable
-----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGOS														
Actividad: Máquinas y herramienta eléctrica en general.					Lugar de evaluación: Sobre planos									
Nombre del peligro identificado	Probabilidad			Protección		Consecuencias			Estimación del riesgo					
	B	M	A	C	I	L	D	E	T	T	M	I	In	
Cortes por: (el disco de corte; proyección de objetos; voluntarismo; impericia).		X			X		X					X		
Quemaduras por: (el disco de corte; tocar objetos calientes; voluntarismo; impericia).		X			X	X				X				
Golpes por: (objetos móviles; proyección de objetos).		X			X		X					X		
Proyección violenta de fragmentos, (materiales o rotura de piezas móviles).		X			X		X					X		
Caída de objetos a lugares inferiores.		X					X					X		
Contacto con la energía eléctrica, (anulación de protecciones; conexiones directas sin clavija; cables lacerados o rotos).		X					X					X		
Vibraciones.		X			X		X					X		
Ruido.		X			X	X				X				
Polvo.		X			X	X				X				
Sobre esfuerzos, (trabajar largo tiempo en posturas obligadas).		X			X	X				X				
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>														
1.- Las máquinas-herramientas eléctricas a utilizar en obra estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento.														

## Estudio de Seguridad y Salud

---

2.- Los motores eléctricos de las máquinas –herramientas estarán protegidos por la carcasa y resguardos propios de cada aparato, para evitar los riesgos de atrapamientos, o de contacto con la energía eléctrica.
3.-Se prohíbe realizar reparaciones o manipulaciones con la máquinas accionada por transmisiones por correas en marcha. Las reparaciones, ajustes etc. se harán a motor parado, para evitar accidentes.
4.- El montaje y ajuste de transmisiones por correas se realizará mediante montacorreas, nunca con destornilladores, las manos etc..., para evitar riesgo de atrapamiento.
5.- Las transmisiones mediante engranajes accionados mecánicamente, estarán protegidos mediante bastidor soporte de cerramiento a base de malla metálica que permitiendo la observación del buen funcionamiento de la transmisión impida el atrapamiento de personas y objetos.
6.- Se prohíbe la manipulación o ajuste de maquinaria por parte de personal no especializado específicamente en la máquina a reparar.
7.- Como medida adicional para evitar la puesta en servicio de la máquina averiada serán bloqueados los arranques o, en su caso se extraerán ,los fusible.
8.- Sólo el personal autorizado con la pertinente documentación escrita será el encargado de la utilización de una determinada máquina o máquina herramienta.
9.- Las máquinas que no sean de sustentación manual apoyarán sobre elementos nivelados y firmes.
10.- La elevación o descenso a máquina de objetos se efectuará lentamente, izándolos en directriz vertical. Se prohíbe que sean inclinados.
11.- Se prohíbe la permanencia en zonas bajo trabajos de carga suspendida.
12.- Los aparatos de izado y sustentación a emplear estarán provistos de limitadores de recorrido del carro y ganchos.
13.- Los cables de izado y sustentación a emplear estarán calculados expresamente para las tareas que se encargan.
14.- La sustitución de cables estará siempre efectuada por mano de obra especializada, siguiendo siempre las especificaciones del fabricante.
15.- Los ganchos de sujeción será siempre de acero provistos de pestillos de seguridad.
16.- Se prohíbe en esta obra la utilización de ganchos artesanales de seguridad contruidos a base de redondos doblados o material similar.
17.- Los contadores tendrán siempre en sitio visible la carga máxima admisible y el nivel de llenado.

18.- Todos los aparatos de izado tendrán siempre en sitio visible, la carga máxima que pueden transportar.
19.- Se prohíbe en esta obra el izado o transporte de personas en el interior de jaulones, bateas, cubilotes y asimilables.
20.-Se prohíbe engrasar cables en movimiento.
21.- Los trabajos de izado y transporte se suspenderán para vientos mayores de 60 km/h.
22.- Las máquinas-herramientas de corte tendrán disco protegido mediante carcasa antiproyecciones.
23.- Las máquinas-herramientas a utilizar en lugares en los que existen productos inflamables o explosivos estarán protegidos mediante carcasa antideflagrantes.
24.- Se prohíbe en esta obra la utilización de herramientas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o con ventilación insuficiente.
25.- En prevención de los riesgos por inhalación de polvo ambiental, las máquinas-herramientas con producción de polvo se utilizarán en vía húmeda y a sotavento en la medida de lo posible.
26.- Se prohíbe la utilización de máquinas –herramientas por personal no especializado.
27.- El encargado de obra revisará el estado de la maquinaria así como las fijaciones, cables instalación etc. de las mismas.
<b>EQUIPOS DE PREVENCIÓN</b>
1.- Guantes de seguridad, goma y PVC
2.-Botas de seguridad (según casos)
3.- Casco de polietileno.
4.- Botas de goma
5.- Ropa de trabajo.
6.- Mandil, polainas y muñequeras. (en caso de soldadura)
7.- Gafas de seguridad antiproyecciones.
8.- Gafas de seguridad antipolvo.
9.- Gafas de seguridad anti-impactos.
10.- Protectores auditivos.

## Estudio de Seguridad y Salud

---

Probabilidad	Protección	Consecuencias	Estimación del riesgo	
B = Baja M = Media A = Alta	C = Colectiva I = Individual	Ld = Ligeramente dañino D = Dañino Ed = Extremadamente dañino	T = Riesgo trivial To = Riesgo tolerable M = Riesgo moderado	I = Riesgo importante In = Riesgo intolerable

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN INICIAL DE RIESGOS													
Actividad: Soldadura por arco eléctrico, (soldadura eléctrica).	Lugar de evaluación: Sobre planos												
Nombre del peligro identificado	Probabilidad			Protección		Consecuencias			Estimación del riesgo				
	B	M	A	C	I	L	D	E	T	T	M	I	In
Caída desde altura, (estructura metálica; trabajos en el borde de forjados, balcones aleros; estructuras de obra civil; uso de guindolas artesanales; caminar sobre perfilera).		X		X	X		X				X		
Caídas al mismo nivel, (tropezar con objetos o mangueras).		X			X	X				X			
Atrapamiento entre objetos, (piezas pesadas en fase de soldadura).	X				X		X			X			
Aplastamiento de manos por objetos pesados, (piezas pesadas en fase de recibido y soldadura).	X				X		X			X			
Sobre esfuerzos, ((permanecer en posturas obligadas; sustentar por objetos pesados).	X				X	X			X				
Radiaciones por arco voltaico, (ceguera).		X			X		X				X		
Inhalación de vapores metálicos, (soldadura en lugares cerrados sin extracción localizada).		X			X		X				X		
Quemaduras, (despiste; impericia; caída de gotas incandescentes sobre otros trabajadores).		X			X	X				X			
Incendio, (soldar junto a materias inflamables).	X			X			X			X			

## Estudio de Seguridad y Salud

Proyección violenta de fragmentos, (picar cordones de soldadura; amolar).	X			X	X				X			
Contacto con la energía eléctrica, (circuito mal cerrado; tierra mal conectada; bornes sin protección; cables lacerados o rotos).	X		X	X		X				X		
Heridas en los ojos por cuerpos extraños, (picado del cordón de soldadura; (esmerilado).	X			X		X				X		
Pisadas sobre objetos punzantes.	X			X	X			X				
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>												
1.- El área de trabajo estará libre de obstáculos, productos deslizantes y restos de grasa.												
2.- No se realizarán trabajos cuando a menos de 6 metros existan productos inflamables o combustibles.												
3.- Las zonas donde existan peligros de “lluvia de chispas”, deberá señalizarse de forma bien visible y acotarse para evitar el paso de operarios bajo la misma.												
4.- Se cuidará el recorrer los cables para evitar su deterioro.												
5.- La masa metálica de cada aparato estará conectada a la puesta a tierra.												
6.- Las bornas de conexión eléctrica estarán aisladas												
7.- Los cables de alimentación eléctrica estarán aislados en toda su longitud. El aislamiento será suficiente para una tensión nominal > 1.000V.												
8.- La superficie exterior de los portaelectrodos a mano y sus mandíbulas estarán siempre bien aislados.												
9.- No se emplearán con tensiones superiores a 50 V. Y la tensión en vacío entre el electrodo y la pieza a soldar no superará los 90V. En corriente alterna y 150 v. En caso de corriente continua.												
<b>EQUIPOS DE PREVENCIÓN</b>												
1.- Casco de Polietileno.												
2.- Ropa de trabajo.												
3.- Guantes de soldador												

4.- Manguitos de soldador
5.- Guantes de cuero.
6.- Cinturón de seguridad.
7.- Botas de seguridad.
8.- Pantalas y gafas de soldador.
Interpretación de las abreviaturas

Probabilidad	Protección	Consecuencias	Estimación del riesgo	
B = Baja M = Media A = Alta	C = Colectiva I = Individual	Ld = Ligeramente dañino D = Dañino Ed = Extremadamente dañino	T = Riesgo trivial To = Riesgo tolerable M = Riesgo moderado	I = Riesgo importante In = Riesgo intolerable

## **6.- SEÑALIZACIÓN DE LOS RIESGOS**

### **6.1.- SEÑALIZACIÓN DE LOS RIESGOS DEL TRABAJO**

Como complemento de la protección colectiva y de los equipos de protección individual anteriormente indicados, se ha previsto el empleo de una señalización normalizada, que recuerde en todo momento los riesgos existentes a todos los que trabajan en la obra. La señalización prevista es la del listado que se ofrece a continuación, a modo informativo.

- Riesgo en el trabajo BANDA DE ADVERTENCIA DE PELIGRO.
- Riesgo en el trabajo PROHIBIDO PASO A PEATONES. Tamaño mediano.
- Riesgo en el trabajo PROTECCIÓN OBLIGATORIA CABEZA. Tamaño mediano.
- Riesgo en el trabajo PROTECCIÓN OBLIGATORIA MANOS. Tamaño mediano.
- Riesgo en el trabajo PROTECCIÓN OBLIGATORIA OÍDOS. Tamaño mediano.
- Riesgo en el trabajo PROTECCIÓN OBLIGATORIA PIES. Tamaño mediano.
- Riesgo en el trabajo PROTECCIÓN VIAS RESPIRATORIAS. Tamaño mediano.
- Señal salvamento. EQUIPO PRIMEROS AUXILIOS. Tamaño mediano.

## 6.2.- SEÑALIZACIÓN VIAL

Los trabajos a realizar, no originan riesgos importantes para los operarios por la presencia de la vecindad o del tráfico rodado. Es necesario, por lo tanto, que en los momentos en los que así se requiera se organice la circulación de vehículos de la manera más segura, mediante la instalación de la oportuna señalización vial.

La señalización prevista es la del listado que se ofrece, a modo de información:

- Señalización vial (manual) DISCO DE STOP O PROHIBIDO EL PASO. TM-3.
- Señalización vial PROHIBIDO EL ESTACIONAMIENTO. TR-308. 60 cm de diámetro.
- Señalización vial TRIANGULAR PELIGRO. TP-18 "Obras" 60 cm de lado.

## **7.- INSTALACIONES PROVISIONALES PARA LOS TRABAJADORES**

Las instalaciones provisionales para los trabajadores se alojarán en el interior de locales distribuidos a tal fin, que podrán ser prefabricados o ejecutados in situ. Deberán reunir las adecuadas condiciones higiénico-sanitarias, y disponer de las correspondientes acometidas de servicios (Electricidad, agua y saneamiento).

### **CUADRO INFORMATIVO DE EXIGENCIAS LEGALES VIGENTES**

Superficie de vestuario aseo:	$2 \text{ trab.} \times 2 \text{ m}^2. = 6 \text{ m}^2$
Nº de retretes:	$2 \text{ trab.} : 25 \text{ trab.} = 1 \text{ unid.}$
Nº de lavabos:	$2 \text{ trab.} : 10 \text{ trab.} = 1 \text{ unid.}$
Nº de duchas:	$2 \text{ trab.} : 10 \text{ trab.} = 1 \text{ unid.}$

## **8.- PREVENCIÓN ASISTENCIAL EN CASO DE ACCIDENTE.**

## 8.1.- PRIMEROS AUXILIOS

Será necesario disponer de un local con botiquín de primeros auxilios, en el que se den las primeras atenciones sanitarias a los posibles accidentados. El botiquín contendrá como mínimo:

- Un frasco conteniendo agua oxigenada.
- Un frasco conteniendo alcohol de 96 grados.
- Un frasco conteniendo tintura de yodo.
- Un frasco conteniendo mercurio cromo.
- Un frasco conteniendo amoníaco.
- Una caja de gasa estéril.
- Una caja de algodón hidrófilo estéril.
- Un rollo de esparadrapo.
- Un torniquete.
- Una bolsa para agua o hielo.
- Una bolsa conteniendo guantes esterilizados.
- Un termómetro clínico.
- Una caja de apósitos autoadhesivos.
- Una caja de analgésicos.
- Un tubo de pomada para quemaduras

## **8.2.- MEDICINA PREVENTIVA**

Con el fin de lograr evitar en lo posible las enfermedades profesionales en esta obra, así como los accidentes derivados de trastornos físicos, psíquicos, alcoholismo y resto de las toxicomanías peligrosas, en cumplimiento de la legislación laboral vigente, se realizarán los reconocimientos médicos previos a la contratación de los trabajadores de la obra, y los preceptivos de ser realizados al año de su contratación.

## **8.3.- EVACUACIÓN DE ACCIDENTADOS**

La evacuación de accidentados se realizará siempre por personal sanitario especializado, bajo ningún concepto el accidentado será movilizad por personal inexperto con el fin de evitar posibles lesiones o agravar las ya producidas. En la zona de vestuarios existirá cartel donde quede recogido el Centro de Salud más próximo, así como el teléfono y dirección del mismo.

## **9.- OBLIGACIONES DEL PROMOTOR**

Antes del inicio de los trabajos, el promotor designará un Coordinador en materia de Seguridad y Salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos.

La designación del Coordinador en materia de Seguridad y Salud no eximirá al promotor de las responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el

Anexo III del Real Decreto 1627/1.997 debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

## **10.- COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD**

La designación del Coordinador en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona.

El Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el Artículo 10 del Real Decreto 1627/1.997.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador.

## **11.- PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

En aplicación de este Estudio de Seguridad y Salud, el contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho Plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este Estudio.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero que siempre con la aprobación expresa del Coordinador. Cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. El Plan estará en la obra a disposición de la Dirección Facultativa.

## **12.- OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS**

El contratista y subcontratistas estarán obligados a:

Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos laborales y en particular:

- El mantenimiento de la obra en buen estado de limpieza.
- La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- La manipulación de distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.
- El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
- El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
- La recogida de materiales peligrosos utilizados.

- La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
- Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997.

Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiera a seguridad y salud.

Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente o, en su caso, a los trabajos autónomos por ellos contratados. Además responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el Plan.

Las responsabilidades del Coordinador, Dirección Facultativa y el Promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

## **13.- OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS**

Los trabajadores autónomos están obligados a:

Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:

- El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
- La recogida de materiales peligrosos utilizados.

- La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
- Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997.

Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de su actuación coordinada que se hubiera establecido.

Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/ 1.997.

Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1.997.

Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

## **14.- LIBRO DE INCIDENCIAS**

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado y que será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del Coordinador. Tendrán acceso al Libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador estará obligado a remitir en el plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

## **15.- PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS**

Cuando el Coordinador y durante la ejecución de las obras, observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el Libro de Incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados de la paralización y a los representantes de los trabajadores.

## **16.- DERECHOS DE LOS TRABAJADORES**

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.

Una copia del Plan de Seguridad y Salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.



## **17.- DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LAS OBRAS**

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

**4.- PLIEGO DE CONDICIONES DEL ESTUDIO DE  
SEGURIDAD Y SALUD**

## **ÍNDICE**

<b>1.- CONDICIONES GENERALES.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.- DE LA PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1.- ORDENACIÓN DE LA ACCIÓN PREVENTIVA.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.2.- NORMAS GENERALES DE SEGUIMIENTO Y CONTROL.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.- DE LA FORMACIÓN E INFORMACIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.1.- ACCIONES FORMATIVAS.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.2.- INSTRUCCIONES GENERALES Y ESPECÍFICAS..</b>	<b>6</b>
<b>1.3.- ASISTENCIA MÉDICO-SANITARIA.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3.1.- SERVICIOS ASISTENCIALES.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3.2.- MEDICINA PREVENTIVA.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.3.- BOTIQUÍN DE OBRA.....</b>	<b>8</b>
<b>1.4.- MEDIDAS DE EMERGENCIA.....</b>	<b>8</b>
<b>2.- CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.- LOCALES Y SERVICIOS DE SALUD Y BIENESTAR.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.1.- EMPLAZAMIENTO, USO Y PERMANENCIA EN OBRA.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.2.- CONDICIONES HIGIÉNICAS, DE CONFORT Y MANTENIMIENTO.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.- DE LA ORGANIZACIÓN DE LA OBRA.....</b>	<b>11</b>

2.2.1.- PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS.....	11
2.2.2.- MEDIDAS PREVIAS AL INICIO DE LA OBRA.....	11
2.3.- DE LAS MEDIDAS GENERALES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	12
2.3.1.- GENERALIDADES.....	12
2.3.2.- PUESTOS DE TRABAJO.....	13
2.3.3.- EQUIPOS DE TRABAJO.....	14
2.4.- DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN.....	15
2.4.1.- PROTECCIONES COLECTIVAS.....	15
2.4.2.- EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI) ....	15

## **1.- CONDICIONES GENERALES**

### **1.1.- DE LA PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD**

#### **1.1.1.- ORDENACIÓN DE LA ACCIÓN PREVENTIVA**

##### **Criterios de selección de las medidas preventivas**

Las acciones preventivas que se lleven a cabo en la obra se ha dirigido a:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar, adoptando las medidas pertinentes.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la selección de los métodos de trabajo y de producción, con miras, en especial, a atenuar

el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.

- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por lo que entraña poco o ningún peligro.
- Planificar la prevención buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

En la selección de las medidas preventivas se tendrán en cuenta los riesgos adicionales que las mismas pudieran implicar, debiendo adoptarse, solamente, cuando la magnitud de dichos riesgos sea sustancialmente inferior a la de los que se pretende controlar y no existen alternativas razonables más seguras.

### **Planificación y organización**

La planificación y organización de la acción preventiva deberá formar parte de la organización del trabajo, siendo, por tanto, responsabilidad del empresario, quien deberá orientar esta actuación a la mejora de las condiciones de trabajo y disponer de los medios oportunos para llevar a cabo la propia acción preventiva.

La acción preventiva deberá integrarse en el conjunto de actividades que conllevan la planificación, organización y ejecución de la obra y en todos los niveles jerárquicos del personal adscrito a la obra, a la empresa constructora principal y a las subcontratas.

El empresario deberá reflejar documentalmente la planificación y organización de la acción preventiva, dando conocimiento y traslado de dicha documentación, entre otros, al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud, con carácter previo al inicio de las obras, para su aprobación.

El empresario, en base a la evaluación inicial de las condiciones de trabajo y a las previsiones establecidas en el Estudio de Seguridad y Salud, planificará la acción preventiva. El empresario deberá tomar en consideración las capacidades profesionales, en materia de seguridad y salud, de los trabajadores en el momento de encomendarles tareas que impliquen riesgos graves.

### **1.1.2. NORMAS GENERALES DE SEGUIMIENTO Y CONTROL**

#### **Evaluación continua de los riesgos**

Por parte del empresario principal se llevará a cabo durante el curso de la obra una evaluación continuada de los riesgos, debiéndose actualizar las previsiones iniciales, reflejadas en el Plan de Seguridad y Salud, cuando cambien las condiciones de trabajo o con ocasión de los daños para la salud que se detecten, proponiendo en consecuencia, si procede, la revisión del Plan aprobado al responsable de su seguimiento y control antes de reiniciar los trabajos afectados. Asimismo, cuando se planteen modificaciones de la obra proyectada inicialmente, cambios de los sistemas constructivos, métodos de trabajo o proceso de ejecución previstos, o variaciones de los equipos de trabajo, el empresario deberá efectuar una nueva evaluación de riesgos previsibles y, en base a ello, proponer, en su caso, las medidas preventivas a modificar, en los términos reseñados anteriormente.

#### **Controles periódicos**

La empresa deberá llevar a cabo controles periódicos de las condiciones de trabajo, y examinar la actividad de los trabajadores en la prestación de sus servicios para detectar situaciones potencialmente peligrosas.

Cuando se produzca un daño para la salud de los trabajadores o, si con ocasión de la vigilancia del estado de salud de éstos respecto de riesgos específicos, se apreciaren indicios de que las medidas de prevención adoptadas resultan insuficientes, el empresario deberá llevar a cabo una investigación al respecto, a fin de detectar las causas de dichos hechos. Sin perjuicio de que haya de notificarse a la autoridad laboral, cuando proceda por caso de accidente.

Asimismo, el empresario deberá llevar el control y seguimiento continuo de la siniestralidad que pueda producirse en la obra, mediante estadillos en los que se reflejen: tipo de control, número de accidentes, tipología, gravedad y duración de la incapacidad (en su caso) y relaciones de partes de accidentes cursados y deficiencias. Todos estos datos estarán a disposición del responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud, con independencia de otros agentes intervinientes que vengan exigidos por las normas en vigor.

### **Adecuación de medidas preventivas y adopción de medidas correctoras**

Cuando, como consecuencia de los controles e investigaciones anteriormente reseñadas, se apreciase por el empresario la inadecuación de las medidas y acciones preventivas utilizadas, se procederá a la modificación inmediata de las mismas en el caso de ser necesario, proponiendo al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud su modificación en el supuesto de que afecten a trabajos que aún no se hayan iniciado. En cualquier caso, hasta tanto no puedan materializarse las medidas preventivas provisionales que puedan eliminar o disminuir el riesgo, se interrumpirán, si fuere preciso, los trabajos afectados.

## **1.2. DE LA FORMACIÓN E INFORMACIÓN**

### **1.2.1. ACCIONES FORMATIVAS**

El empresario está obligado a posibilitar que los trabajadores reciban una formación teórica y práctica apropiada en materia preventiva en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, así como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñen o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo susceptibles de provocar riesgos para la salud del trabajador.

Esta formación deberá repetirse periódicamente.

### **1.2.2. INSTRUCCIONES GENERALES Y ESPECÍFICAS**

Independientemente de las acciones de formación que hayan de celebrarse antes de que el trabajador comience a desempeñar cualquier cometido o puesto de trabajo en la obra o se cambie de puesto o se produzcan variaciones de los métodos de trabajo inicialmente previstos, habrán de facilitársele, por parte del empresario o sus representantes en la obra, las instrucciones relacionadas con los riesgos inherentes al trabajo, en especial cuando no se trate de su ocupación habitual; las relativas a los riesgos generales de la obra que puedan afectarle y las referidas a las medidas preventivas que deban observarse, así como acerca del manejo y uso de las protecciones individuales. Se prestará especial dedicación a las instrucciones referidas a aquellos trabajadores que vayan a estar expuestos a riesgos de caída de altura, atrapamientos o electrocución.

El empresario habrá de garantizar que los trabajadores de las empresas exteriores o subcontratas que intervengan en la obra han recibido las instrucciones pertinentes en el sentido anteriormente indicado.

Las instrucciones serán claras, concisas e inteligibles y se proporcionarán de forma escrita y/o de palabra, según el trabajo y operarios de que se trate y directamente a los interesados.

Las instrucciones para maquinistas, conductores, personal de mantenimiento u otros análogos se referirán, además de a los aspectos reseñados, a: restricciones de uso y empleo, manejo, manipulación, verificación y mantenimiento de equipos de trabajo.

Deberán figurar también de forma escrita en la máquina o equipo de que se trate, siempre que sea posible.

### **1.3. ASISTENCIA MÉDICO-SANITARIA**

#### **1.3.1. SERVICIOS ASISTENCIALES**

##### **Prestaciones generales**

El empresario deberá asegurar en todo momento, durante el transcurso de la obra, la prestación a todos los trabajadores que concurran en la misma de los servicios asistenciales sanitarios en materia de primeros auxilios, de asistencia médico-preventiva y de urgencia y de conservación y mejora de la salud laboral de los trabajadores. A tales efectos deberá concertar y organizar las relaciones necesarias con los servicios médicos y preventivos exteriores e interiores que correspondan, a fin de que por parte de éstos se lleven a cabo las funciones sanitarias exigidas por las disposiciones vigentes.

##### **Accidentes**

El empresario deberá estar al corriente en todo momento, durante la ejecución de la obra, de sus obligaciones en materia de Seguridad Social y Salud laboral de los trabajadores, de acuerdo con las disposiciones vigentes, debiendo acreditar documentalmente el cumplimiento de tales obligaciones cuando le sea requerido por el responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud

En caso de accidente, el empresario habrá de asegurar la investigación del mismo, para precisar su causa y forma en que se produjo y proponer las medidas oportunas para evitar su repetición. Los datos obtenidos como resultado del estudio reseñado serán proporcionados al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud.

### **1.3.2. MEDICINA PREVENTIVA**

El empresario deberá velar por la vigilancia periódica del estado de salud laboral de los trabajadores, mediante los reconocimientos médicos o pruebas exigibles conforme a la normativa vigente, tanto en lo que se refiere a los que preceptivamente hayan de efectuarse con carácter previo al inicio de sus actividades como a los que se deban repetir posteriormente.

Los trabajadores deberán ser informados por el empresario, con carácter previo al inicio de sus actividades, de la necesidad de efectuar los controles médicos obligatorios.

### **1.3.3. BOTIQUÍN DE OBRA**

Se dispondrá de un botiquín con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente o lesión. El botiquín deberá situarse en lugar bien visible de la obra y convenientemente señalizado. Se hará

cargo del botiquín, por designación del empresario, la persona más capacitada, que deberá haber seguido con aprovechamiento cursos de primeros auxilios y socorrismo.

La mencionada persona será la encargada del mantenimiento y reposición del contenido del botiquín, que será sometido, para ello, a una revisión semanal y a la reposición de lo necesario, en orden al consumo y caducidad de los medicamentos.

#### **1.4. MEDIDAS DE EMERGENCIA**

El empresario deberá reflejar en el Plan de Seguridad y Salud las posibles situaciones de emergencia y establecer las medidas en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas. Este personal deberá poseer la formación conveniente, ser suficientemente numeroso y disponer del material adecuado, teniendo en cuenta el tamaño y los riesgos específicos de la obra.

El empresario deberá organizar las necesarias relaciones con los servicios externos a la empresa que puedan realizar actividades en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento, lucha contra incendios y evacuación de personas. En lugar bien visible de la obra deberán figurar las indicaciones escritas sobre las medidas que habrán de ser tomadas por los trabajadores en casos de emergencia.

## **2. CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA**

### **2.1. LOCALES Y SERVICIOS DE SALUD Y BIENESTAR**

#### **2.1.1. EMPLAZAMIENTO, USO Y PERMANENCIA EN OBRA**

Los locales y servicios para higiene y bienestar de los trabajadores que vengan obligados por el presente Estudio o por las disposiciones vigentes sobre la materia deberán ubicarse en la propia obra, serán para uso exclusivo del personal adscrito a la misma, se instalarán antes del comienzo de los trabajos y deberán permanecer en la obra hasta su total terminación.

#### **2.1.2. CONDICIONES HIGIÉNICAS, DE CONFORT Y MANTENIMIENTO**

Los suelos, paredes y techos de los retretes, lavabos, cuartos de vestuarios y salas de aseo serán continuos, lisos e impermeables y acabados en tonos

claros de modo que permitan su fácil limpieza, lavado y pintura periódicos. Asimismo, estarán constituidos por materiales que permitan la aplicación de líquidos desinfectantes o antisépticos. Todos los elementos, aparatos y mobiliario que formen parte de los locales de servicio de higiene y bienestar estarán en todo momento en perfecto estado de funcionamiento y aptos para su utilización. Los locales y servicios deberán estar suficientemente ventilados e iluminados, en función del uso a que se destinan y dispondrán de aire sano y en cantidad adecuada. Asimismo, su temperatura corresponderá a su uso específico.

Los locales y servicios de higiene y bienestar deberán mantenerse siempre en buen estado de aseo y salubridad, para lo que se realizarán las limpiezas necesarias con la frecuencia requerida, así como las reparaciones y reposiciones precisas para su adecuado funcionamiento y conservación. Se evacuarán o eliminarán los residuos y aguas fecales o sucias; bien directamente, por medio de conductos, o acumulándose en recipientes adecuados que reúnan las máximas condiciones higiénicas, hasta su posterior retirada.

## **2.2. DE LA ORGANIZACIÓN DE LA OBRA**

### **2.2.1. PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS**

La planificación de la obra deberá tener en cuenta la adecuada coordinación entre las diferentes fases o hitos de ejecución, entre los distintos servicios de la empresa principal y entre ésta y los diferentes suministradores y subcontratantes.

Las medidas preventivas que se recojan en el Plan de Seguridad y Salud deberán justificarse en base a las previsiones del Estudio de Seguridad y Salud y a los dispositivos y programación de trabajos y actividades previstas por la empresa para llevar a cabo la organización y ejecución de la obra.

Cuando durante el curso de la obra se plantee alterar, por parte de la empresa, la programación inicialmente prevista, habrá de ponerse en conocimiento del responsable del seguimiento y control del Plan de

Seguridad y Salud con antelación suficiente, a fin de que él mismo decida, antes del inicio de los trabajos afectados, sobre la necesidad, en su caso, de adecuar el Plan de Seguridad y Salud a la nueva programación.

## **2.2.2. MEDIDAS PREVIAS AL INICIO DE LA OBRA**

### **Condiciones generales**

No deberá iniciarse ningún trabajo en la obra sin la aprobación previa del Plan de Seguridad y Salud y sin que se haya verificado con antelación, por el responsable del seguimiento y control del mismo, que han sido dispuestas las protecciones colectivas e individuales necesarias y que han sido adoptadas las medidas preventivas establecidas en el presente Estudio.

A tales efectos, el empresario deberá comunicar al responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud la adopción de las medidas preventivas, a fin de que él pueda efectuar las comprobaciones pertinentes con carácter previo a la autorización del inicio.

Antes del inicio de la obra, habrán de estar instalados los locales y servicios de higiene y bienestar para los trabajadores.

Antes del inicio de cualquier trabajo en la obra, deberán realizarse las protecciones pertinentes, en su caso, contra actividades molestas, nocivas, insalubres o peligrosas que se lleven a cabo en el entorno próximo a la obra y que puedan afectar a la salud de los trabajadores.

### **Información previa**

Antes de acometer cualquiera de las operaciones o trabajos preparatorios a la ejecución de la obra, el empresario deberá informarse de todos aquellos aspectos que puedan incidir en las condiciones de seguridad y salud requeridas.

## **Inspecciones y reconocimientos**

Con anterioridad al inicio de cualquier trabajo preliminar a la ejecución de la obra, se deberá proceder a efectuar las inspecciones y reconocimientos necesarios para constatar y complementar, si es preciso, las previsiones consideradas en el proyecto de ejecución y en el Estudio de Seguridad y Salud, en relación con todos aquellos aspectos que puedan influir en las condiciones de trabajo y salud de los trabajadores.

## **2.3. DE LAS MEDIDAS GENERALES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA**

### **2.3.1. GENERALIDADES**

Será requisito imprescindible, antes de comenzar cualquier trabajo, que hayan sido previamente dispuestas y verificadas las protecciones colectivas e individuales y las medidas de seguridad pertinentes, recogidas en el Plan de Seguridad y Salud aprobado.

En tal sentido deberán estar:

Colocadas y comprobadas las protecciones colectivas necesarias, por personal cualificado.

Señalizadas, acotadas y delimitadas las zonas afectadas, en su caso.

Dotados los trabajadores de los equipos de protección individual necesarios y de la ropa de trabajo adecuada.

Los tajos limpios de sustancias y elementos punzantes, salientes, abrasivos, resbaladizos u otros que supongan riesgos a los trabajadores.

Debidamente advertidos, formados e instruidos los trabajadores.

Adoptadas y dispuestas las medidas de seguridad de toda índole que sean precisas.

Una vez dispuestas las protecciones colectivas e individuales y las medidas de prevención necesarias, habrán de comprobarse periódicamente y deberán mantenerse y conservarse adecuadamente durante todo el tiempo que hayan de permanecer en obra.

Las estructuras provisionales, medios auxiliares y demás elementos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos serán determinados por el responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad y Salud, y no podrá comenzar la ejecución de ninguna unidad de obra sin que se cumpla tal requisito.

### **2.3.2. PUESTOS DE TRABAJO**

El empresario deberá adaptar el trabajo a las condiciones de la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con vistas a atenuar el trabajo monótono y el trabajo repetitivo y a reducir sus efectos en la salud.

Los lugares y locales de trabajo deberán tener una superficie y una altura que permita que los trabajadores lleven a cabo su cometido sin riesgos para su salud y seguridad.

Dentro de lo posible, la superficie del puesto de trabajo deberá preverse de tal manera que el personal disponga de la suficiente libertad de movimientos para sus actividades. Si no se pudiera respetar este criterio por razones inherentes al puesto de trabajo, el trabajador deberá poder disponer de otro espacio libre suficiente en las proximidades de su puesto de trabajo.

Todos los trabajadores que intervengan en la obra deberán tener la capacitación y cualificación adecuadas a su categoría profesional y a los trabajos o actividades que hayan de desarrollar, de modo que no se

permitirá la ejecución de trabajos por operarios que no posean la preparación y formación profesional suficientes, cuando ello pueda ser causa de riesgos para su salud o seguridad o para la del resto de los trabajadores.

### **2.3.3. EQUIPOS DE TRABAJO**

Los equipos de trabajo habrán de ser adecuados a la actividad que deba realizarse con ellos y convenientemente adaptados a tal efecto, de forma que garanticen la protección de los trabajadores durante su utilización o la reducción al mínimo de los riesgos existentes.

Deberán ser objeto de verificación previa y del adecuado control periódico y mantenimiento, que los conserve durante todo el tiempo de su utilización para el trabajo en condiciones de seguridad.

Deberán proporcionarse a los trabajadores la información e instrucciones necesarias sobre restricciones de uso, empleo, conservación y mantenimiento de los equipos de trabajo, para que su utilización se produzca sin riesgo para los operarios.

## **2.4. DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN**

### **2.4.1. PROTECCIONES COLECTIVAS**

Cuando se diseñen los sistemas preventivos, se dará prioridad a los colectivos sobre los personales o individuales. En cuanto a los colectivos, se preferirán las protecciones de tipo preventivo sobre las de protección. La protección personal no dispensa en ningún caso de la obligación de emplear los sistemas de tipo colectivo.

Los medios de protección, una vez colocados en obra, deberán ser revisados periódicamente y antes del inicio de cada jornada, para comprobar su efectividad.

## **2.4.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)**

### **Generalidades**

Sólo podrán disponerse en obra y ponerse en servicio los equipos de protección individual, en adelante denominados EPI, que garanticen la salud y la seguridad de los usuarios sin poner en peligro ni la salud ni la seguridad de las demás personas o bienes, cuando su mantenimiento sea adecuado y cuando se utilicen de acuerdo con su finalidad.

A los efectos de este Pliego de Condiciones se considerarán conformes a las exigencias esenciales mencionadas los EPI que lleven la marca "CE", y de acuerdo con las categorías establecidas en las disposiciones vigentes. Hasta tanto no se desarrolle o entre plenamente en vigor la comercialización de los EPI regulados por las disposiciones vigentes, podrán utilizarse los EPI homologados con anterioridad, según las normas del Ministerio de Trabajo que, en su caso, les hayan sido de aplicación.

### **Requisitos de alcance general aplicables a todos los EPI**

Los EPI deberán garantizar una protección adecuada contra los riesgos. Los EPI reunirán las condiciones normales de uso previsibles a que estén destinados, de modo que el usuario tenga una protección apropiada y de nivel tan elevado como sea posible. El grado de protección óptimo que se deberá tener en cuenta será aquel por encima del cual las molestias resultantes del uso del EPI se opongan a su utilización efectiva mientras dure la exposición al peligro o el desarrollo normal de la actividad. Cuando las condiciones de empleo previsibles permitan distinguir diversos niveles de un mismo riesgo, se deberán tomar en cuenta clases de protección adecuadas en el diseño del EPI.

Los EPI a utilizar, en cada caso, no ocasionarán riesgos ni otros factores de molestia en condiciones normales de uso. Los materiales de que estén

compuestos los EPI y sus posibles productos de degradación no deberán tener efectos nocivos en la salud o en la higiene del usuario. Cualquier parte de un EPI que esté en contacto o que pueda entrar en contacto con el usuario durante el tiempo que lo lleve estará libre de asperezas, aristas vivas, puntas salientes, etc., que puedan provocar una excesiva irritación o que puedan causar lesiones.

Los EPI ofrecerán los mínimos obstáculos posibles a la realización de gestos, a la adopción de posturas y a la percepción de los sentidos. Por otra parte, no provocarán gestos que pongan en peligro al usuario o a otras personas. Los EPI posibilitarán que el usuario pueda ponérselos lo más fácilmente posible en la postura adecuada y puedan mantenerse así durante el tiempo que se estime se llevarán puestos, teniendo en cuenta los factores ambientales, los gestos que se vayan a realizar y las posturas que se vayan a adoptar.

Para ello, los EPI se adaptarán al máximo a la morfología del usuario por cualquier medio adecuado, como pueden ser sistemas de ajuste y fijación apropiados o una variedad suficiente de tallas y números.

Los EPI serán lo más ligeros posible, sin que ello perjudique a su solidez de fabricación ni obstaculice su eficacia. Además de satisfacer los requisitos complementarios específicos para garantizar una protección eficaz contra los riesgos que hay que prevenir, los EPI para algunos riesgos específicos tendrán una resistencia suficiente contra los efectos de los factores ambientales inherentes a las condiciones normales de uso.

**5.- PLIEGO DE CONDICIONES GENERAL**

**ÍNDICE:**

<b>1.- OBJETO DEL PLIEGO.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.- DEFINICIONES.....</b>	<b>3</b>
<b>2.- DISPOSICIONES GENERALES.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.- OBRAS NECESARIAS NO ESPECIFICADAS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.- DOCUMENTOS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3.- CONTRADICCIONES.....</b>	<b>5</b>
<b>2.4.- DISPOSICIONES SOCIALES VARIAS.....</b>	<b>6</b>
<b>2.5.- SUBCONTRATISTA O DESTAJISTA.....</b>	<b>6</b>
<b>2.6.- PERMISOS Y LICENCIAS.....</b>	<b>7</b>
<b>2.7.- PERSONAL DE OBRA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.8.- PLAZO DE COMIENZO Y DE EJECUCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>2.9.- GARANTIA DE CUMPLIMIENTO.....</b>	<b>9</b>
<b>2.10.- MEDICIÓN DEFINITIVA DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>10</b>
<b>3.- CONDICIONES ECONÓMICAS.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.- GASTOS DE CARÁCTER GENERAL POR CUENTA DEL CONTRATISTA.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2.- GASTOS DE CARÁCTER GENERAL POR CUENTA DE LA EMPRESA.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3.- FIANZA.....</b>	<b>12</b>
<b>3.4.- GASTOS E IMPUESTOS.....</b>	<b>12</b>

3.5.- SEGUROS.....	12
4.- CONDICIONES LEGALES.....	13
4.1.- NORMATIVA GENERAL DE APLICACIÓN.....	13
4.2.- CONCURSO.....	13
4.3.- ADJUDICACION.....	13
4.4.- PERMISO A OBTENER POR LA EMPRESA.....	14
4.5.- CONTRATO.....	15
4.6.- REGIMEN DE INTERVENCIÓN.....	16
4.7.- RESCISIÓN DEL CONTRATO.....	16
5.- CONDICIONES TECNICAS.....	17
5.1.- FORMA GENERAL DE EJECUTAR LOS TRABAJOS.....	17
5.2- MANO DE OBRA.....	17
5.3.- PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA.....	17
5.4.- CONDICIONES PARA LOS MATERIALES.....	18

## **1.- OBJETO DEL PLIEGO.**

El presente documento tiene por objeto la definición con carácter general, del conjunto de directrices, requisitos y normas aplicables al desarrollo de las obras e instalaciones a las que se refiere el proyecto: "Ingeniería básica de una planta de tratamiento de residuos tipo MARPOL".

Comprender las condiciones generales facultativas, económicas y legales, así como las condiciones técnicas referentes a los materiales y equipos, el modo de ejecución, y en general, cuantos aspectos han de regir en las obras comprendidas en el presente proyecto.

### **1.1.- DEFINICIONES.**

Los términos siguiente que aparezcan en el presente documento, se entenderán como sigue:

- Propietario

Compañía que proyecta la ejecución de la planta de tratamiento de residuos, cuya autoridad representa su Director General o el representante autorizado de éste.

- Contratista principal o general

Empresa de ingeniería responsable del diseño, puesta en marcha y supervisión total de las unidades de depuración expuestas en este proyecto.

- Subcontratista

Empresa que prestan los servicios y los suministros requeridos para la construcción de las unidades de la planta.

Queda entendido que cualquier desacuerdo que ocurra en o entre una o varias partes de este contrato, será el propietario quien determine cuál de estas se seguirá.

- Ingeniero

Persona designada por el propietario y/o el contratista principal y/o los subcontratistas para actuar como tales en relación con el presente contrato, incluyendo ingenieros particulares según contrato.

- Proveedores

Cualquier persona, empresa o entidad excepto empleados del contratista principal, que contrate con el contratista principal o cualquier subcontratista, la fabricación o entrega de maquinaria, materiales o equipo de incorporar al trabajo o que realmente realice dicha fabricación o entrega.

## **2.- DISPOSICIONES GENERALES.**

### **2.1.- OBRAS NECESARIAS NO ESPECIFICADAS.**

Si en el transcurso de los trabajos se hiciese necesario ejecutar cualquier clase de obras que no se encuentren descritas en el pliego de condiciones, el contratista estará obligado a realizarlas con estricta sujeción a las órdenes que al efecto, reciba del director de obra.

El director de obra tendrá plenas atribuciones para aprobar la idoneidad de los sistemas empleados, de forma que a su juicio las obras y/o instalaciones que resulten defectuosas total o parcialmente, deberán ser demolidas o desmontadas en su totalidad o en parte, sin que ello de derecho a ningún tipo de reclamación por parte del contratista.

### **2.2.- DOCUMENTOS.**

Los documentos que definen las obras e instalaciones y que la propiedad entregue al contratista, pueden tener carácter contractual o meramente informativo. Son documentos contractuales los planos y el pliego de condiciones recogido en el presente proyecto. Los datos incluidos en la memoria y anexo de cálculo así como el presupuesto, tienen carácter meramente informativo.

### **2.3.- CONTRADICCIONES.**

En los casos de contradicción entre los planos y el pliego de condiciones, prevalecerá lo indicado en este último.

## **2.4.- DISPOSICIONES SOCIALES VARIAS.**

El contratista vendrá obligado al cumplimiento de lo dispuesto en la ley 31/95, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos laborales, en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción y en cuantas disposiciones legales de carácter social, de protección a la industria Nacional, etc.... rijan en la fecha en la que se ejecuten las obras.

A tal efecto el contratista debe establecer un Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios, que especifique con claridad las medidas prácticas que estime necesario tomar en la obra. Este plan debe precisar las formas de aplicación de las medidas complementarias que correspondan a los riesgos de la obra con el objeto de asegurar eficazmente:

- La seguridad de su propio personal, del de la empresa y de terceros.
- La higiene y primeros auxilios a enfermos y accidentados.
- La seguridad de las instalaciones.

## **2.5.- SUBCONTRATISTA O DESTAJISTA.**

El adjudicatario o Contratista general, podrá dar a destajo en subcontrato, cualquier parte de la obra, pero con la previa autorización de la Dirección Facultativa, estando facultados para decidir la exclusión de un destajista, por ser el mismo incompetente o no reunir las condiciones necesarias. Comunicada esta decisión al contratista, este deberá tomar las medidas precisas e inmediatas para la rescisión de este contrato.

El contratista será siempre responsable de todas las actividades del destajista y de las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones expresadas en este Pliego.

## **2.6.- PERMISOS Y LICENCIAS.**

El contratista principal conseguirá todos los permisos y licencias exigidas por la Ley, pagara los cargos, gastos e impuestos, y dará los avisos necesarios e incidentales para la debida prosecución de la obra.

## **2.7.- PERSONAL DE OBRA.**

La correcta ejecución de la obra contratada estará sometida permanentemente a la inspección, comprobación y vigilancia del Director de Obra, designado al efecto por el propietario. Este Director de Obra será un ingeniero técnico o superior nombrado por la propiedad en su representación.

Para desempeñar su función, el director de obra podrá contar con colaboradores que, junto con este, integraran la dirección facultativa de la obra.

La dirección facultativa de las obras tendrán las siguientes funciones:

- Garantizar la ejecución de la obra con estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente aprobadas.
- Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a la interpretación de los planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del contrato.
- Estudiar las incidencias y problemas planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del contrato o aconsejen su modificación, tramitando en su caso las propuestas correspondientes.

- Asumir personalmente bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones y trabajos en curso, para lo cual, el contratista deberá poner a su disposición el personal y el material de obra.
- Elaborar, a requerimiento del propietario o su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra, adaptadas a las disposiciones normativas contempladas en el proyecto.
- Suscribir el acta de recepción de la obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.

El contratista es la parte contratante que asume el compromiso de ejecutar las obras con medios humanos y materiales, propios o ajenos, con sujeción al proyecto y al contrato.

El contratista está obligado a suministrar en todo momento, cualquier información relativa a la realización del contrato, de la que la empresa juzgue necesario tener conocimiento.

Antes de iniciarse las obras objeto del contrato, el contratista designara su representante a pie de obra y se le comunicara por escrito a la empresa especificando poderes, que deberán ser lo suficientemente amplios para recibir y resolver en consecuencia las comunicaciones y ordenes de la representación de la empresa.

El contratista estará obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo.

Serán obligaciones del constructor:

- Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones de la dirección Facultativa de la Obra.

- Redactar el plan de seguridad y salud, antes del inicio de las obras, y notificar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo.
- Asignar los medios humanos y materiales que la obra requiera.
- Firmar el acta de comprobación del replanteo y el acta de recepción de obra.
- Realizar, a su costa, cuantos replanteos sean necesarios para la correcta ejecución de sus obras.
- Facilitar a la dirección facultativa de la obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación que se considere oportuna por parte del propietario.

Además, el contratista adjudicatario estará obligado a dar a la dirección facultativa, toda clase de facilidades para el desarrollo de su función de comprobación, coordinación y vigilancia de la correcta realización de los trabajos contratados.

## **2.8.- PLAZO DE COMIENZO Y DE EJECUCIÓN.**

El contratista deberá dar comienzo a las obras dentro de los quince días siguientes a la fecha de adjudicación definitiva a su favor, dando cuenta de oficio a la dirección, del día que se propone inaugurar los trabajos, quien acusará los recibos.

Las obras deberán quedar total y absolutamente terminadas en el plazo que se fije la adjudicación a contar desde igual fecha que en el caso anterior. No se considerara motivo de demora de las obras la posible falta de mano de obra o dificultades en la entrega de los materiales.

## **2.9.- GARANTIA DE CUMPLIMIENTO.**

El Director de obra podrá exigir al contratista la presentación de referencias, o de otras entidades o personas al objeto de cerciorarse de si este reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato. En el caso en que le sean requeridas dichas referencias, el contratista deberá presentarlas antes de la firma del contrato.

## **2.10.- MEDICIÓN DEFINITIVA DE LOS TRABAJOS.**

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente, por la Dirección de obra a su medición general y definitiva, con precisa asistencia del contratista o un representante suyo nombrado por el de oficio.

### **3.- CONDICIONES ECONÓMICAS.**

#### **3.1.- GASTOS DE CARÁCTER GENERAL POR CUENTA DEL CONTRATISTA.**

Se entiende como tales los gastos de cualquier clase ocasionados por la comprobación del replanteo de la obra, los ensayos de materiales que deba realizar por su cuenta el contratista, y los de montaje y retirada de las construcciones auxiliares, pertenecientes al contratista.

Será por cuenta del contratista, los ensayos que realice directamente con los materiales suministrados por sus proveedores, antes de su adquisición e incorporación a la obra y que en su momento serán controlados por la empresa para su aceptación definitiva. Serán así mismo de su cuenta aquellos ensayos que el contratista crea oportuno realizar durante la ejecución de los trabajos, para su propio control.

En los casos de resolución del contrato, cualquiera que sea la causa que lo motive, serán de cuenta del contratista los gastos de jornales y materiales ocasionados por la liquidación de las obras y los de las actas notariales que sea necesario levantar, así como la retirada de los medios auxiliares que no utilice la empresa o que le devuelve después de utilizados.

### **3.2.- GASTOS DE CARÁCTER GENERAL POR CUENTA DE LA EMPRESA.**

Serán por cuenta de la empresa los gastos originados por la inspección de las obras del personal de la empresa o contratados para este fin, la comprobación o revisión de las certificaciones, la toma de muestras y ensayos de laboratorio para la comprobación periódica de calidad de materiales y obras realizadas, y el transporte de los materiales suministrados por la empresa, sin incluir su descarga ni los gastos de paralización de vehículos por retrasos en la misma.

### **3.3.- FIANZA.**

El contratista deberá abonar una fianza del 5% sobre el valor total de las obras, como garantía de la firma del contrato.

La fianza deberá ser depositada mediante cheque o aval bancario. Esta tendrá carácter de irrevocable desde el momento de la firma del contrato, hasta la liquidación final de las obras y será devuelta una vez realizada esta.

### **3.4.- GASTOS E IMPUESTOS.**

Todos los gastos e impuestos de cualquier orden, que por disposición del estado, provincia o municipio se deriven del contrato, y estén vigentes en la fecha de la firma del mismo, serán por cuenta del contratista con excepción del IVA.

Las modificaciones tributarias establecidas con posterioridad al contrato afectarán al sujeto pasivo directo, sin que las partes puedan repercutirlas

entre sí. En ningún caso podrá ser la causa de revisión de precios la modificación del sistema tributario vigente a la firma del contrato.

### **3.5.- SEGUROS.**

El contratista está obligado a suscribir seguros para garantía de posibles daños a las obras, maquinarias e instalaciones, así como daños a terceras personas. Deberá tener seguro de responsabilidad civil y contratar la vigilancia necesaria.

## **4.- CONDICIONES LEGALES.**

### **4.1.- NORMATIVA GENERAL DE APLICACIÓN.**

La normativa y legislación actualmente vigente que deberá cumplirse en la realización del presente proyecto es la incluida en el anexo “Legislación aplicable” de este proyecto.

Asimismo se considerara de aplicación cualquier norma o disposición que modifique o complemente las citadas. Sin perjuicio de todas las disposiciones enumeradas, serán de aplicación cuantas no se hayan mencionado o surjan en el proceso de aprobación del presente proyecto.

### **4.2.- CONCURSO.**

La licitación de la obra se hará por concurso restringido, en el que la empresa convocara a las empresas constructoras que estime oportuno.

Los concursantes enviarán sus ofertas por triplicado, en sobre cerrado y lacrado, según se indique en la carta de petición de ofertas, a la dirección de la empresa.

#### **4.3.- ADJUDICACION.**

La empresa tendrá alternativamente la facultad de adjudicar el concurso a la propuesta más ventajosa, sin atender necesariamente al valor económico de la misma, o declarar desierto al concurso. En este último caso la empresa podrá libremente suspender definitivamente la licitación de las obras o abrir un nuevo concurso, pudiendo introducir las variaciones que estime oportunas, en cuanto al sistema de licitación y relación de contratistas ofertantes.

La elección del adjudicatario de la obra por parte de la empresa es irrevocable y, en ningún caso, podrá ser impugnada por el resto de los contratistas ofertantes.

La empresa comunicará al ofertante seleccionado la adjudicación de las obras, mediante una carta de intención. En el plazo máximo de un mes a partir de la fecha de esta carta, el contratista a simple requerimiento de la empresa se prestará a formalizar el contrato definitivo.

#### **4.4.- PERMISO A OBTENER POR LA EMPRESA.**

Será responsabilidad de la empresa la obtención de los permisos oficiales que más adelante se relacionan, estando a su cargo todos los gastos que se relacionen por tal motivo:

- Concesión de Aprovechamientos
- Autorización de instalaciones

- Aprobación de proyectos de replanteo
- Declaración de utilidad pública
- Declaración de urgente ocupación

Actualizaciones especiales para la construcción y montaje de la instalación:

- Licencia municipal de obras
- Licencia de apertura, instalación y funcionamiento
- Autorización para vallas
- Permiso de obras públicas para el transporte de piezas de grandes dimensiones pertenecientes al equipo definitivo de la instalación (podrá ser responsabilidad del contratista si así lo estipulase el contrato)
- Solicitud de puesta en servicio

#### **4.5.- CONTRATO.**

El contratista, dentro de los treinta días siguientes a la comunicación de la adjudicación y a simple requerimiento de la empresa, depositara la fianza definitiva y formalizara el contrato en el lugar y fecha que se le notifique oficialmente.

El contrato tendrá carácter de documento privado, pudiéndose elevado al público a instancias de una de las partes, siendo en este caso a cuenta del contratista los gastos que ello origine.

Una vez depositada la fianza definitiva y firmando el contrato, la empresa procederá, a petición del interesado, a devolver la fianza provisional, si la hubiera.

Cuando por causas imputables al contratista, no se pudiera formalizar el contrato en el plazo, la empresa podrá proceder a anular la adjudicación, con incautación de la fianza provisional, si la hubiera.

A efectos de los plazos de ejecución de las obras, se considerara como fecha de comienzo de las mismas la que se especifique en el pliego particular de condiciones y en su defecto, de la orden de comienzo de los trabajos. Esta orden se comunicara al contratista en un plazo no superior a 90 días a partir de la fecha de la firma del contrato.

El contrato será firmado por parte del contratista, por su representante legal o apoderado, quien deberá poder probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

#### **4.6.- REGIMEN DE INTERVENCIÓN.**

Cuando el contratista no de cumplimiento, bien a las obligaciones o disposiciones del contrato, bien a las ordenes de servicio que les sean dadas por la empresa, esta le requerirá cumplir este requisito de ordenes en un plazo determinado, que, salvo en casos de urgencia, no será nunca menor a 10 días a partir de la notificación de requerimiento. Pasado este plazo, si el contratista no ha ejecutado las disposiciones dadas, la empresa podrá ordenar a título provisional el establecimiento de un régimen de intervención general o parcial por cuenta del contratista.

Durante el periodo de régimen de intervención, el contratista podrá conocer la marcha de los trabajos, sin que pueda de ninguna manera, entorpecer o dificultar las órdenes de la empresa.

El contratista podrá, por otra parte, ser liberado del régimen de intervención si justifica su capacidad para volver a hacerse cargo de los trabajos y llevarlos a buen fin.

#### **4.7.- RESCISIÓN DEL CONTRATO.**

Cuando a juicio de la empresa el incumplimiento por parte del contratista de alguna de las cláusulas del contrato, pudiera ocasionar graves trastornos en la realización de las obras, en el cumplimiento de los plazos, o en su aspecto económico, la empresa podrá decidir la resolución del contrato, con las penalidades a que hubiera lugar.

En los contratos rescindidos, se procederá a efectos de garantías, fianzas, etc., a efectuar las recepciones provisionales y definitivas de todos los trabajos ejecutados por el contratista hasta la fecha de la rescisión.

### **5.- CONDICIONES TECNICAS.**

#### **5.1.- FORMA GENERAL DE EJECUTAR LOS TRABAJOS.**

Las obras e instalaciones se ajustaran a los planos y a este pliego de condiciones resolviéndose cualquier discrepancia que pudiese existir por el director de obra.

Si por cualquier circunstancia fuese preciso efectuar alguna variación en las obras a realizar, se redactara el correspondiente proyecto reformado, el cual se considerara parte integrante del proyecto primitivo y por tanto sujeto a las mismas especificaciones de todos y cada uno de los documentos de este.

#### **5.2- MANO DE OBRA.**

Todo el personal especialista que se emplee en la ejecución de la obra tendrá perfecto conocimiento de su oficio de acuerdo a su categoría.

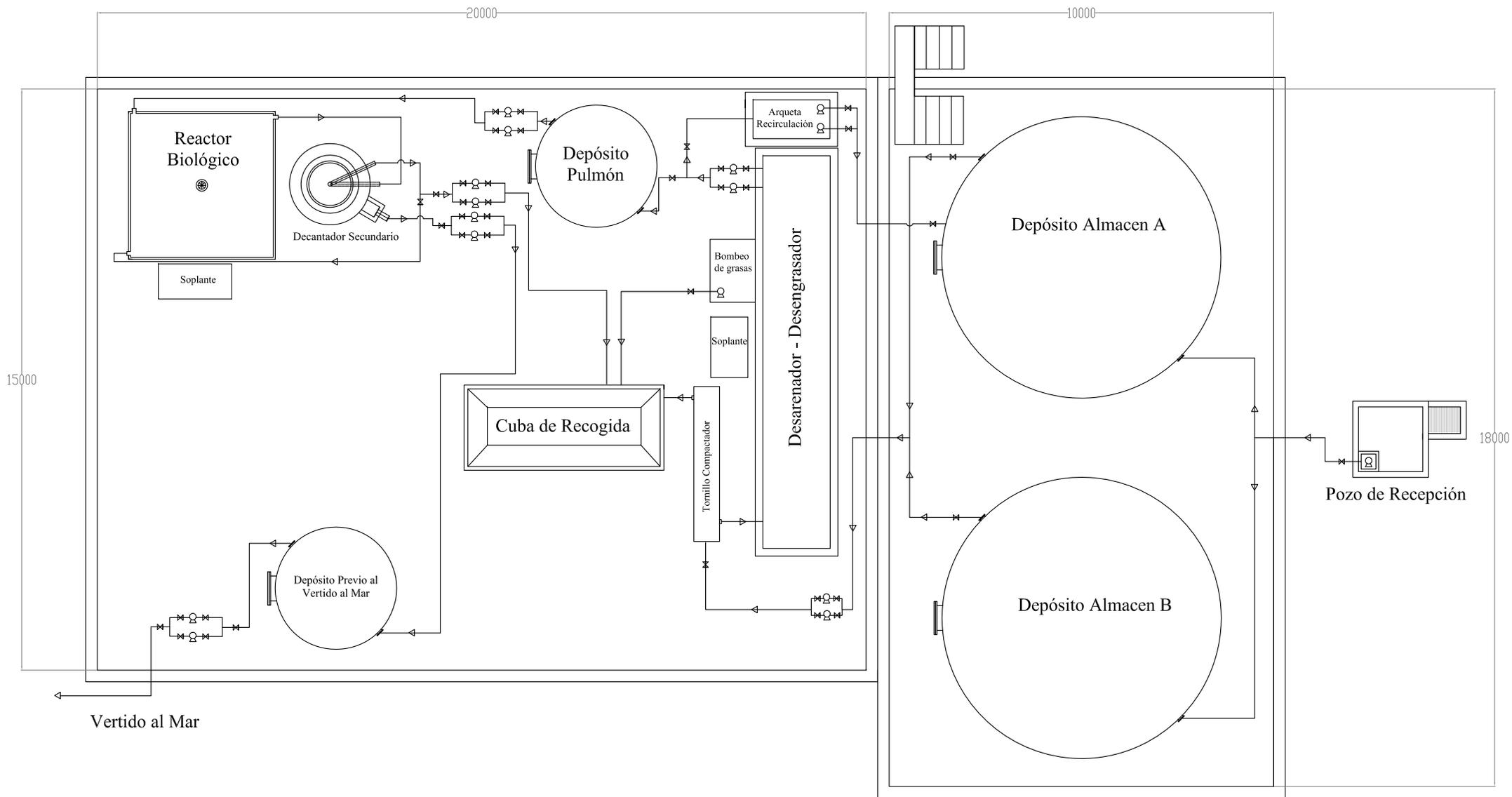
### **5.3.- PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA.**

Durante la ejecución de los trabajos se efectuaran pruebas de carga de los distintos equipos así como de resistencia mecánica por sobrepresión recogida en la normativa legal vigente y en los distintos capítulos de la memoria del proyecto.

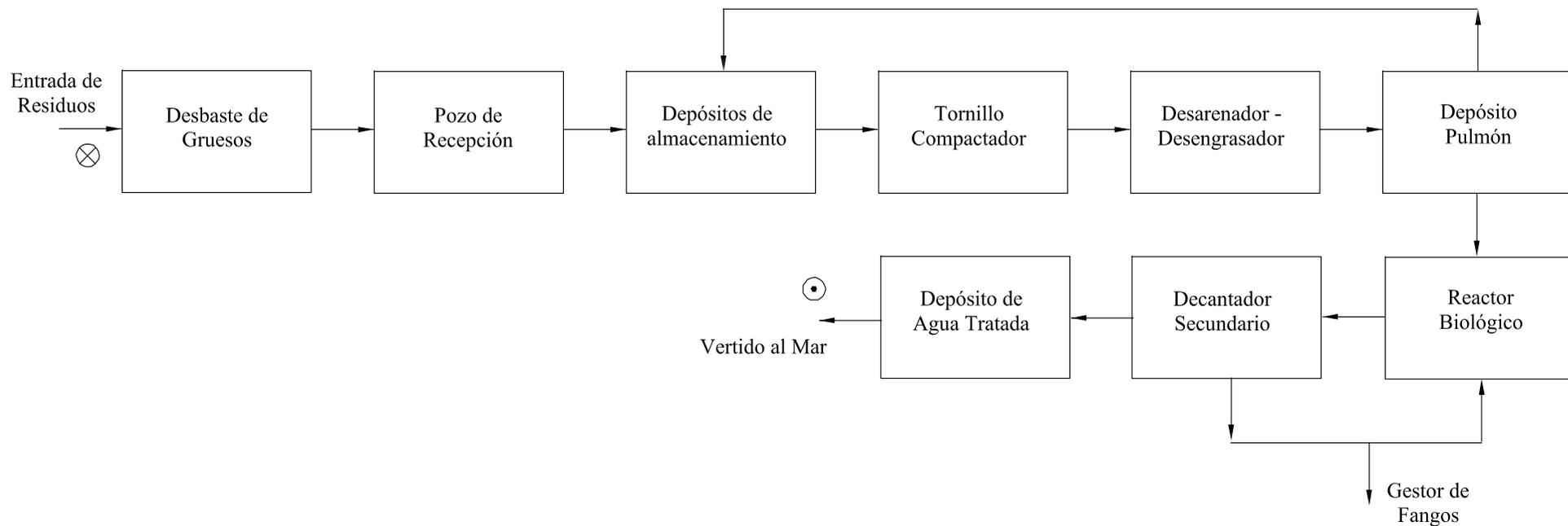
### **5.4.- CONDICIONES PARA LOS MATERIALES.**

Antes de proceder al empleo de los materiales, estos serán examinados y aceptados por el director de obra, quien podrá disponer si así lo considera oportuno de todas las pruebas, análisis y ensayos necesarios, hasta su definitiva aprobación.

## **6.- PLANOS DE LA INSTALACIÓN**



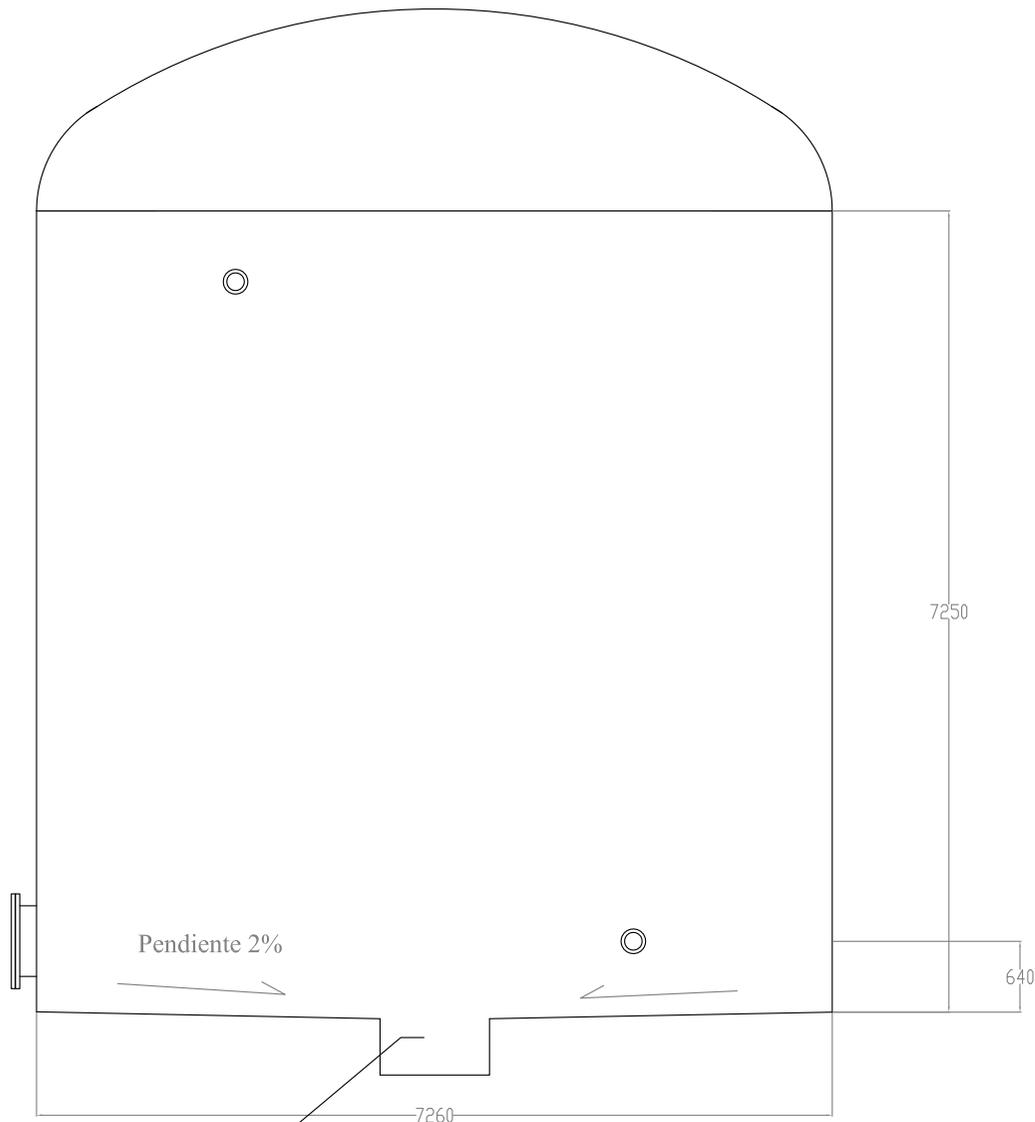
Proyecto:			Ingeniería Básica de una Planta de Tratamiento de Residuos Tipo MARPOL		
Autor:			Gonzalo Arce Pernas		
PLANO N°	Denominación:				ESCALA
N° 1	Implantación General				1/100
					FORMATO
					A3



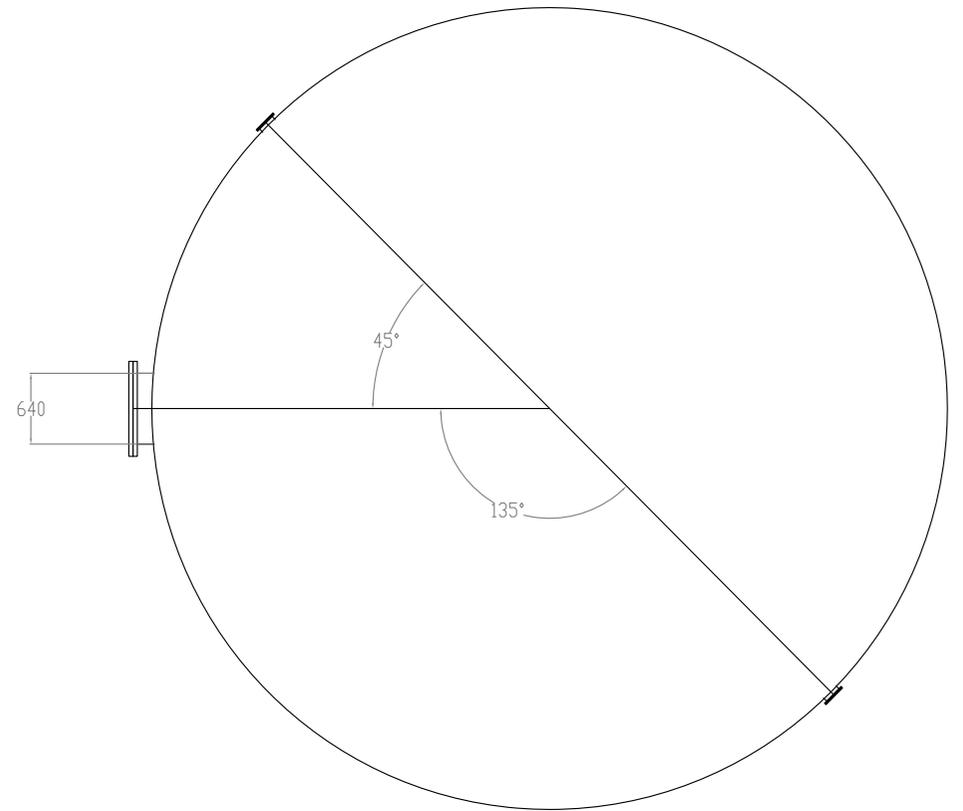
⊗ Punto de Caracterización de Aguas residuales Brutas

⊙ Punto de Caracterización de Aguas Tratadas

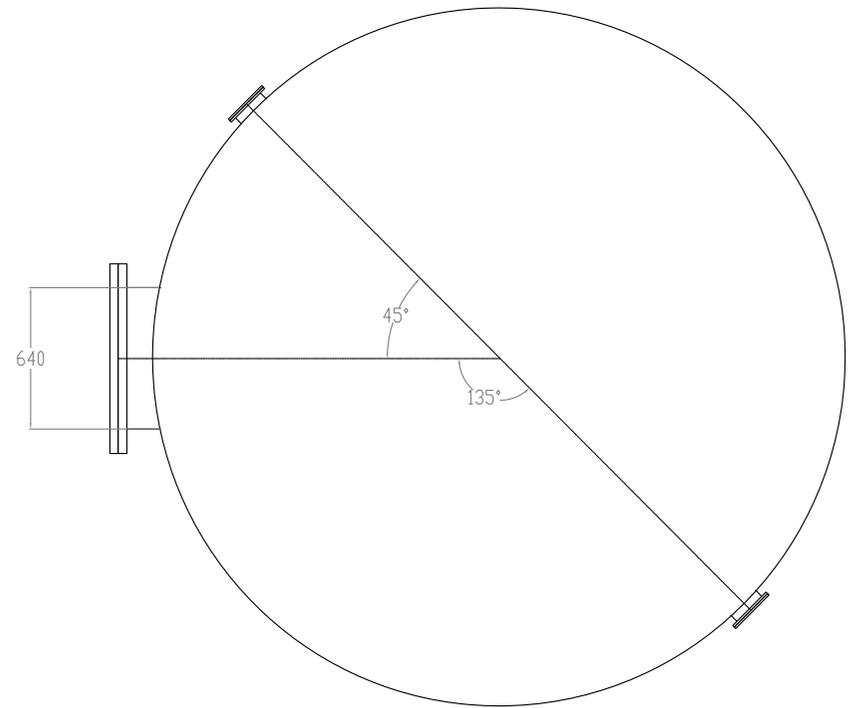
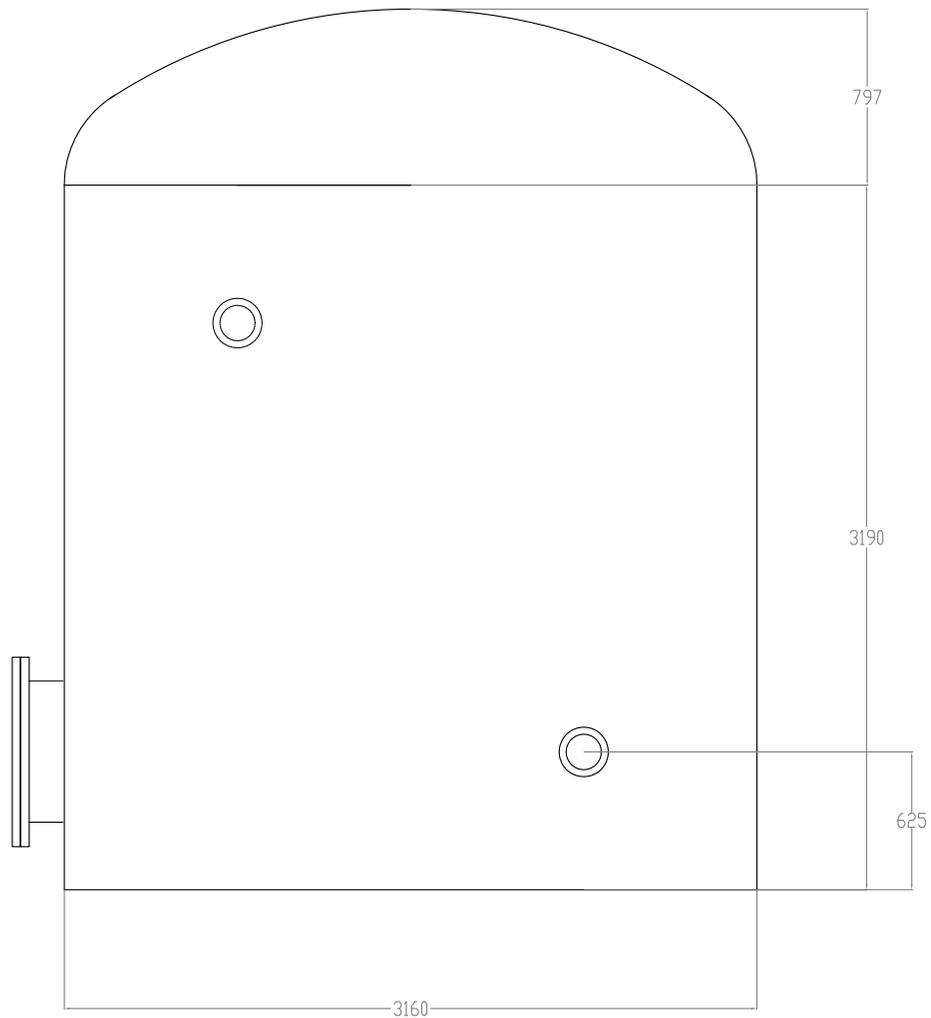
Proyecto:			Ingeniería Básica de una Planta de Tratamiento de Residuos Tipo MARPOL		
Autor:			Gonzalo Arce Pernas		
PLANO N°	Denominación:			ESCALA	
N° 2	Diagrama de Bloques			S/E	
				FORMATO	
				A3	



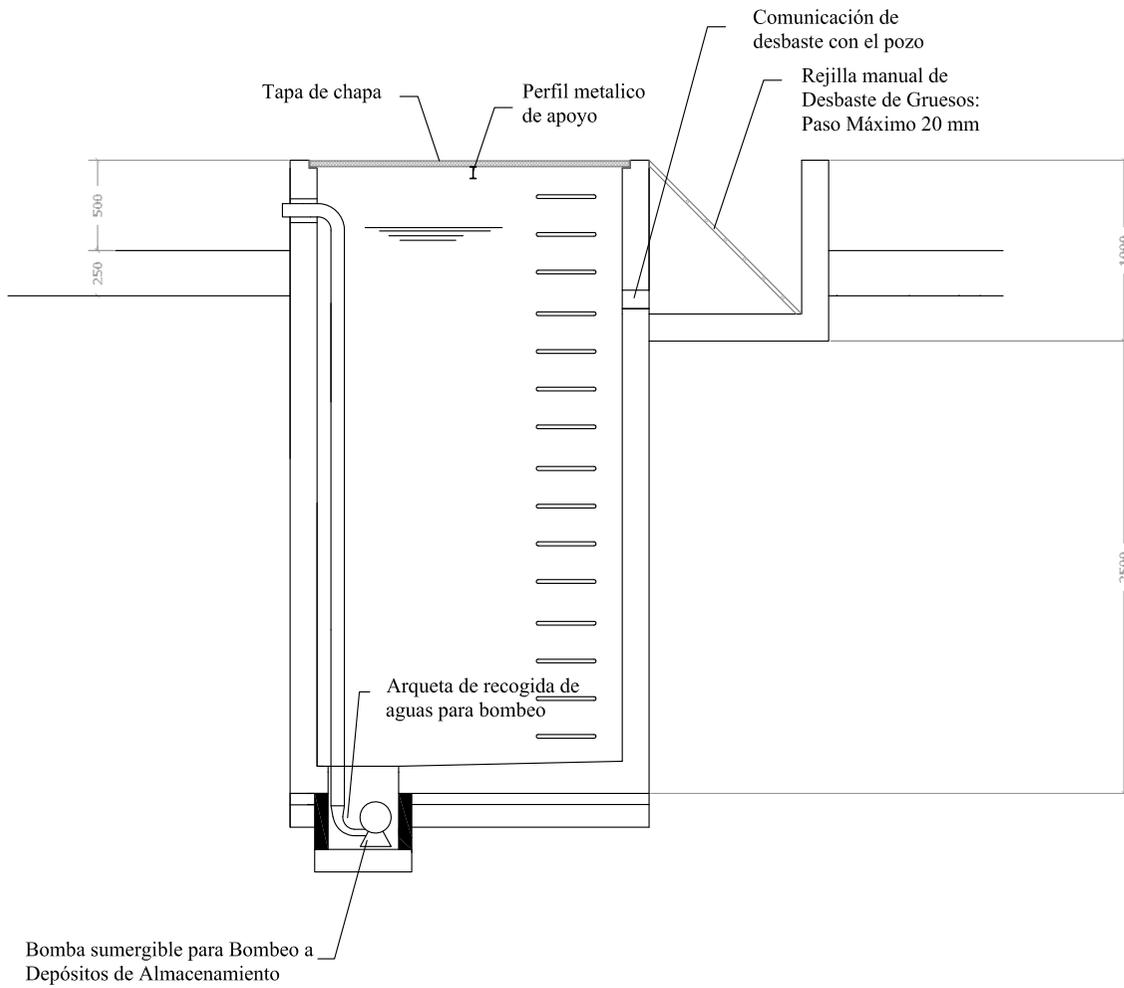
Arqueta de recogida de fangos



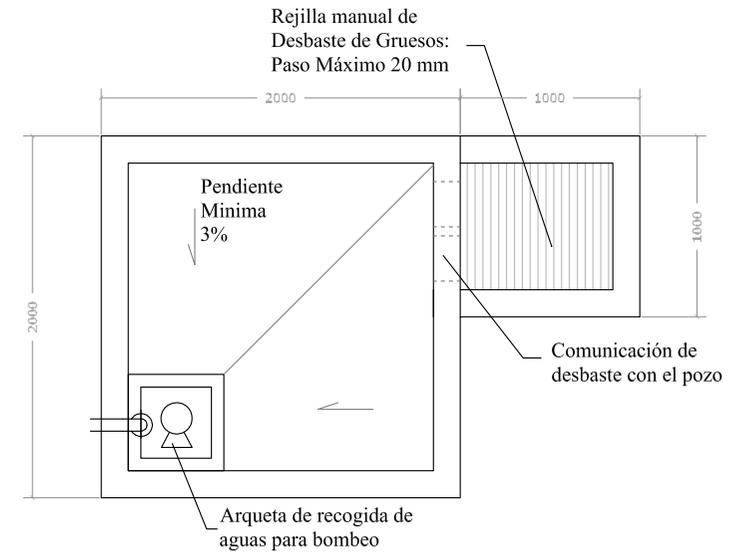
Proyecto:		Ingeniería Básica de una Planta de Tratamiento de Residuos Tipo MARPOL	
Autor:		Gonzalo Arce Pernas	
PLANO N°	Denominación:	ESCALA	1/50
N° 3	Depósitos de Almacenamiento	FORMATO	A3



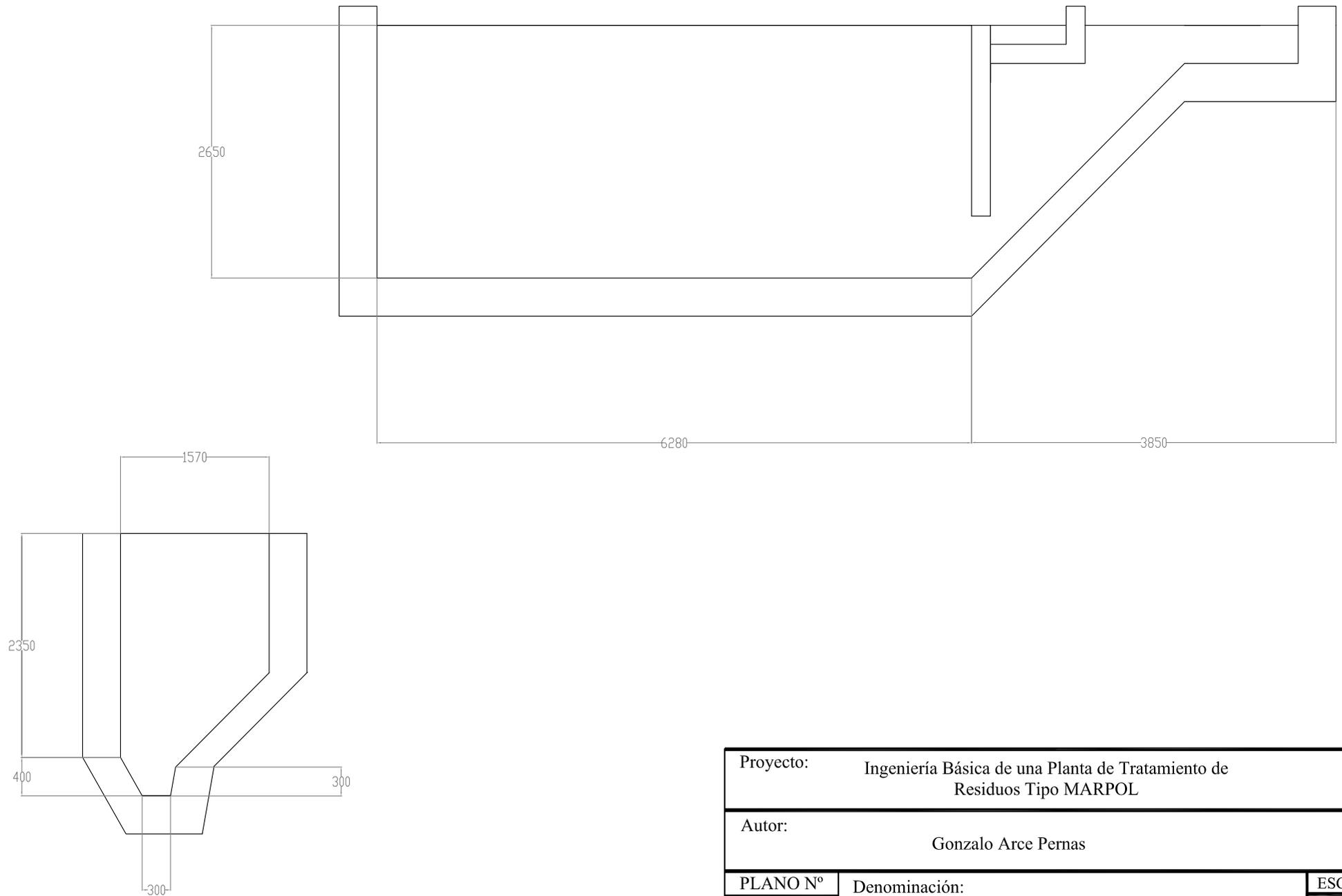
Proyecto:		Ingeniería Básica de una Planta de Tratamiento de Residuos Tipo MARPOL
Autor:		Gonzalo Arce Pernas
PLANO N°	Denominación:	ESCALA
N° 4	Depósito Pulmón y Depósito de vertido al mar	1/25
		FORMATO
		A3



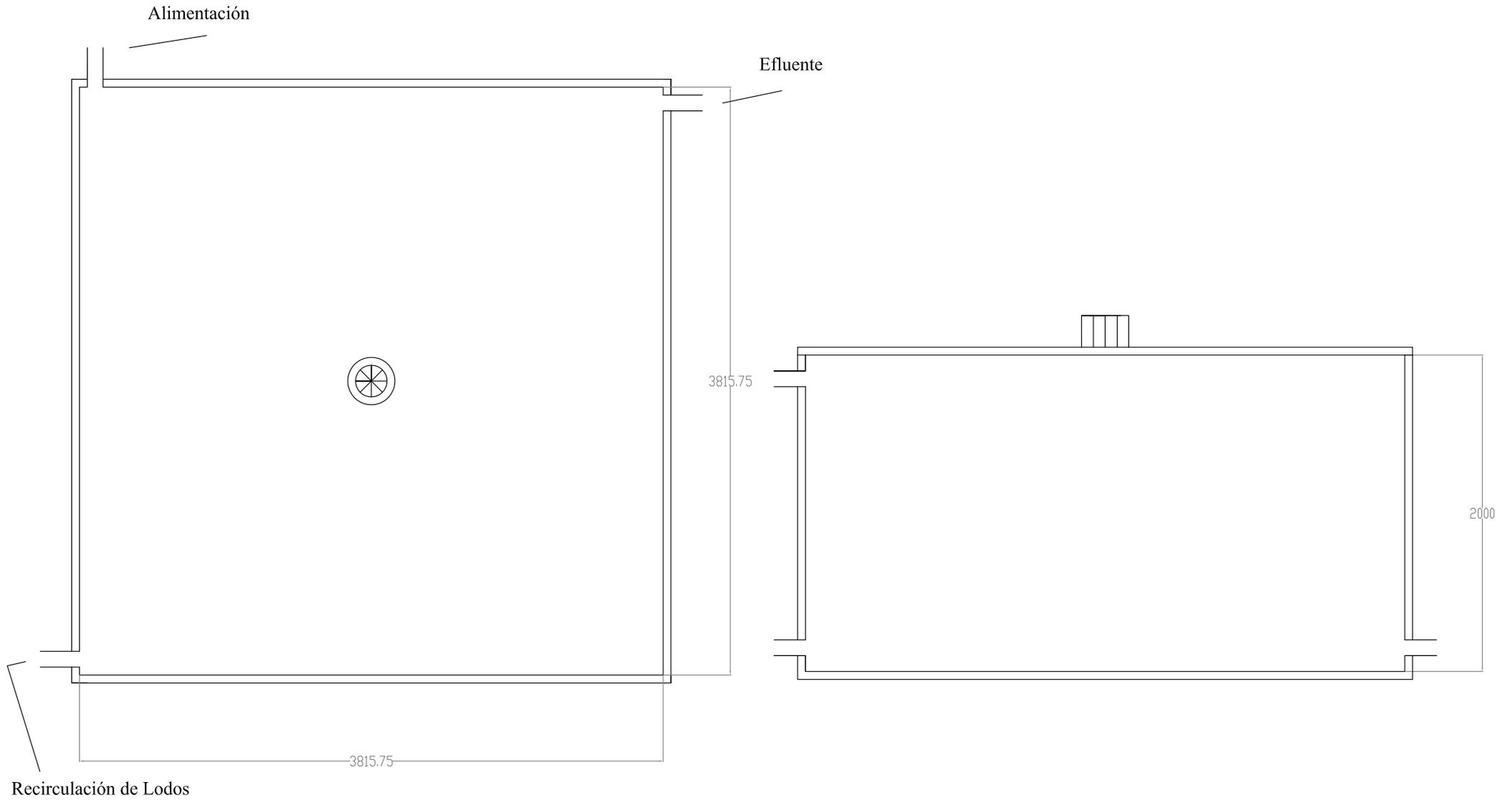
Pozo de Recepción de Residuos y Desbaste de Gruesos



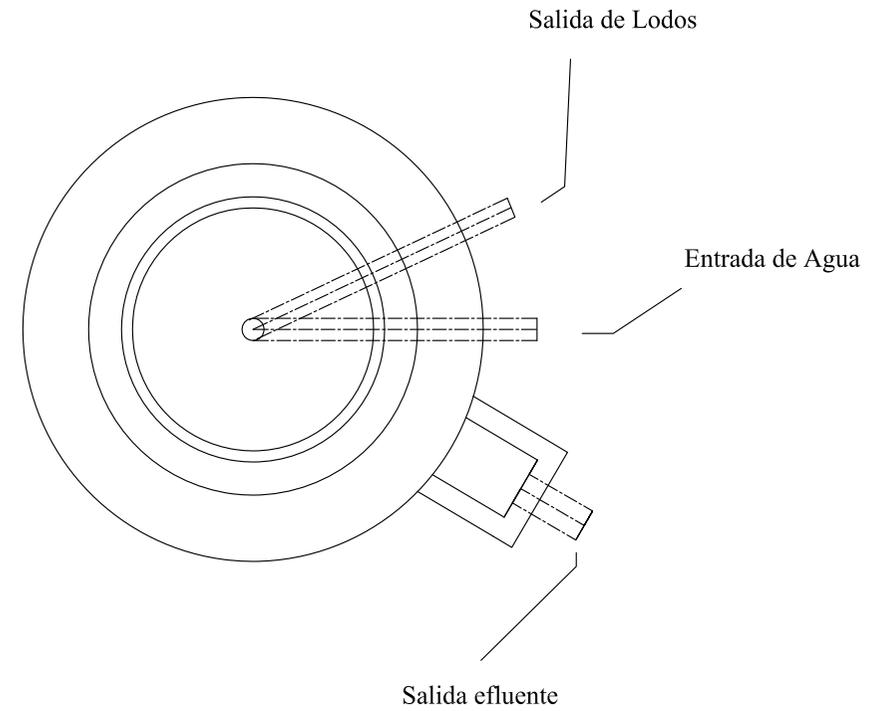
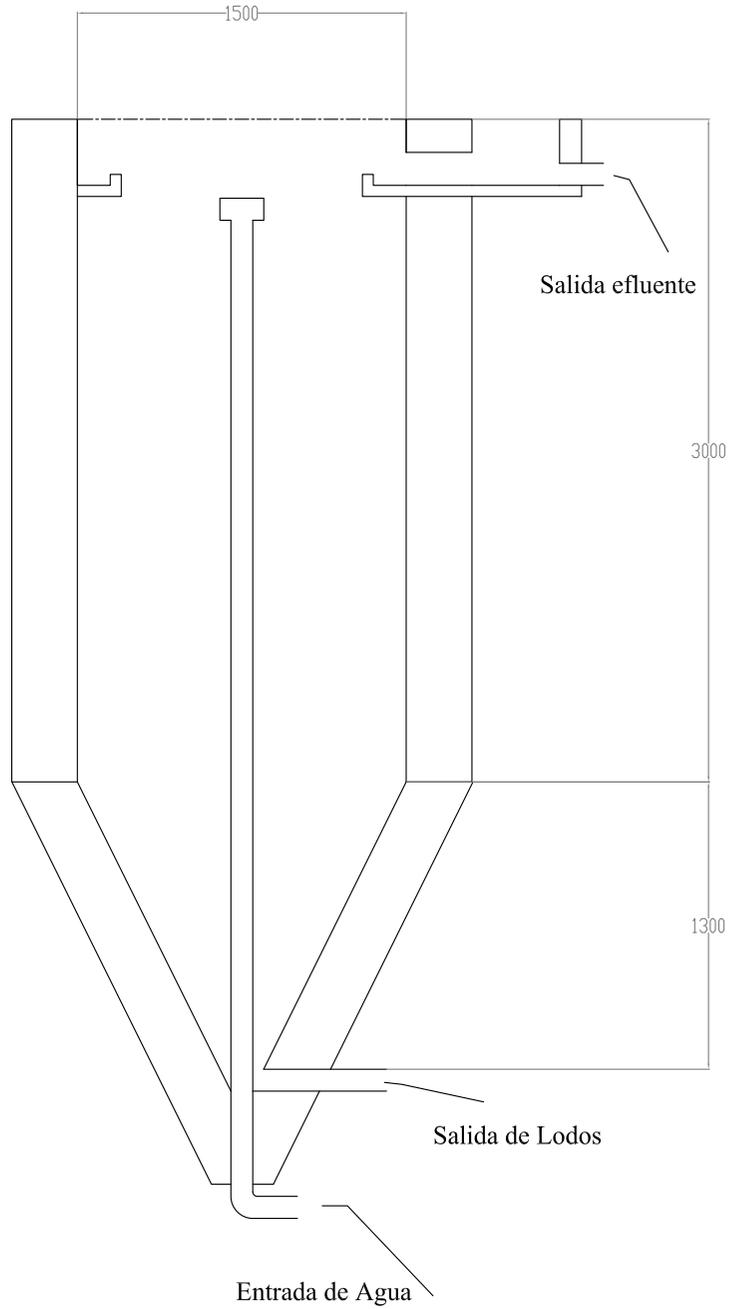
Proyecto:		Ingeniería Básica de una Planta de Tratamiento de Residuos Tipo MARPOL	
Autor:		Gonzalo Arce Pernas	
PLANO N°	Denominación:	ESCALA	
N° 5	Pozo de Recepción de Residuos	1/30	
		FORMATO	
		A3	



Proyecto: Ingeniería Básica de una Planta de Tratamiento de Residuos Tipo MARPOL		
Autor: Gonzalo Arce Pernas		
PLANO N°	Denominación: Desarenador - Desengrasador	ESCALA
N° 6		1/40
		FORMATO
		A3



Proyecto:			Ingeniería Básica de una Planta de Tratamiento de Residuos Tipo MARPOL
Autor:			Gonzalo Arce Pernas
PLANO N°	Denominación:	ESCALA	
N° 7	Reactor Biológico	1/25	
		FORMATO	
		A3	



Proyecto: Ingeniería Básica de una Planta de Tratamiento de Residuos Tipo MARPOL		
Autor: Gonzalo Arce Pernas		
PLANO N°	Denominación:	ESCALA
N° 8	Decantador Secundario	1/25
		FORMATO
		A3

## **7.- ESTUDIO DE EXPLOTACIÓN**

**ÍNDICE**

<b>1.- INTRODUCCION.....</b>	<b>2</b>
<b>2.- ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2.- CRITERIOS GENERALES DE ORGANIZACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>3.- EXPLOTACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2.- DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES POR PROCESOS.....</b>	<b>6</b>
<b>4.- COSTES DE EXPLOTACION.....</b>	<b>9</b>
<b>4.1.- RESUMEN DE LOS COSTES DE EXPLOTACIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>5.- COMPARATIVA.....</b>	<b>11</b>

## 1.- INTRODUCCIÓN

Se presenta a continuación el estudio de explotación correspondiente a la Planta de tratamiento de Residuos tipo Marpol.

Para la determinación del Presupuesto de Estudio de la Explotación se han tomado como datos de partida los que aparecen en la memoria descriptiva de la presente ingeniería Básica.

1. Personal. En este capítulo se establecerá el modelo organizativo que regirá la explotación, se definirá la plantilla propuesta, junto con su cualificación profesional, plan de formación, etc.
2. Memoria de explotación y control del proceso: En este capítulo se detallará la forma en que se llevarán a cabo las tareas de explotación y control del proceso.
3. Mantenimiento y conservación de las instalaciones.

## **2.- ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO.**

### **2.1.- INTRODUCCIÓN**

La organización del trabajo es uno de los principios básicos para llevar a cabo la correcta explotación, mantenimiento y conservación de cualquier instalación. Por ello resulta imprescindible el conocimiento por parte del personal de cada una de las unidades de la planta, así como la importancia e influencia de las mismas en el tratamiento de los residuos, quedando así establecidas, de forma más clara, las prioridades a la hora de la elaboración del plan de trabajo.

La siguiente propuesta de organización tiene como objetivo principal el hacer el uso más efectivo de los recursos disponibles, así como llevar a cabo una operación y mantenimiento de la planta bajo todas aquellas circunstancias que, razonablemente, se pueden esperar que ocurran.

El personal que se asignará estará debidamente cualificado y experimentado para desempeñar sus funciones.

### **2.2.- CRITERIOS GENERALES DE ORGANIZACIÓN**

Se describen a continuación las condiciones generales bajo las que se llevará a cabo el servicio de Explotación, Mantenimiento y Conservación y los complementarios de Administración y control Analítico de la Planta de tratamiento de Residuos que es objeto de la presente ingeniería Básica.

La planta se gestionará bajo el principio de que la responsabilidad última en todos los asuntos residirá en el Técnico Responsable de Explotación, que deberá tomar las decisiones relativas al control del proceso de tratamiento. Las consideraciones sobre operación y mantenimiento también serán de su incumbencia.

El personal de explotación, mantenimiento y conservación empezará a familiarizarse y formarse al inicio de la gestión y continuará su formación durante todo el periodo de concesión.

Los principios básicos sobre los que descansará la operación de la planta serán:

- Empleo de prácticas laborales seguras en todo momento.
- Adopción únicamente de procedimientos que salvaguarden la planta y los equipos.
- Alcance de los objetivos requeridos para el tratamiento de aguas y de residuos en general.
- Conservación de las instalaciones.

El servicio de la Planta se dividirá en unas actuaciones diferenciadas y, a la vez, íntimamente relacionadas:

### **Explotación:**

Bajo el epígrafe de explotación se incluyen todas las tareas que se centren en el proceso de depuración de los residuos y el tratamiento de los subproductos que, como consecuencia, se generan.

El sistema de operación de los procesos de tratamiento de aguas hará mínimas las tareas manuales necesarias, aunque la mano de obra propuesta será suficiente en número y especialización para hacer frente a todas las necesidades previsibles.

### **Mantenimiento:**

Bajo el epígrafe de mantenimiento se recogen aquellas actividades conducidas a conservar y aumentar la vida media de los equipos de la instalación, y sus reparaciones cuando éstos fallen.

Las actividades rutinarias diarias de mantenimiento consisten en prestar atención a la lubricación, engrases, purgas de condensados, comprobación de presiones de operación, niveles de corriente eléctrica, comprobación del funcionamiento de válvulas, compuertas y demás mecanismos de accionamiento normal, inspección de ruidos y vibraciones extrañas y comprobación del buen funcionamiento general de todos los mecanismos que constituyen la instalación. Las actividades planificadas de servicio y reparación se llevarán a cabo según un programa determinado que sólo se interrumpirá por necesidades de reparación de averías que puedan ocurrir ocasionalmente, cuya solución se determina prioritaria.

Se seguirá una rutina diaria para los procedimientos operacionales y, aunque algunas actividades varíen en los fines de semana y vacaciones, esencialmente se prestará el mismo servicio en la planta de tratamiento de residuos MARPOL, todos los días del periodo de Explotación.

### **Conservación:**

La conservación de las instalaciones consiste en una tarea continuada de atención a la pintura y obra civil en general que repercutirá en una mayor duración de las instalaciones y en dar una imagen de instalación limpia y agradable de visitar, hecho este fundamental en la formación de una conciencia ciudadana.

### **Control del proceso:**

El control de todos los procesos de la planta, serán llevados a cabo por el Técnico Responsable de la explotación, en quien residirá la responsabilidad

última de las decisiones, para lo cual se apoyará en los resultados del control analítico, determinados en laboratorios externos.

## **3.- EXPLOTACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO**

### **3.1.- INTRODUCCIÓN**

La explotación de la Planta supondrá la ejecución de todas aquellas tareas que se centren en el proceso de depuración de las aguas de sentina y el tratamiento y/o evacuación de los subproductos que se generen como consecuencia del mismo.

Las líneas de tratamiento de la Planta, incluyen distintos procesos unitarios, los cuales requerirán la realización de determinadas actividades para cumplir con su funcionalidad.

En el apartado siguiente, clasificamos los principales procesos unitarios que tendremos que atender en la planta, especificando para cada uno, las citadas tareas de explotación.

Primero presentaremos la programación inicial de las operaciones de explotación y seguidamente, de modo general, los principales problemas que los distintos procesos de tratamiento puedan ocasionar, junto con las actuaciones más adecuadas a desarrollar ante los mismos, a fin de darles la solución más adecuada.

### **3.2.- Definición de actividades por procesos**

Las tablas que adjuntamos a continuación recogen las operaciones rutinarias de explotación correspondientes a los distintos procesos unitarios que, se desarrollan en cada línea de tratamiento.

No obstante, al principio del contrato, el Jefe de Planta analizará detenidamente las necesidades específicas de cada uno de los procesos, estableciendo definitivamente el total de operaciones a realizar.

Operaciones Rutinarias de Explotación de la Planta por Procesos.

Proceso	Actividad	Observaciones
Pozo de Bombeo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspeccionar el estado del pozo y de las rejas de gruesos</li><li>• Inspeccionar la cantidad de sólidos acumulados en el fondo</li><li>• Inspeccionar los equipos de bombeo cuando sea necesario</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aumentar la frecuencia de la actividad en épocas de gran caudal.</li></ul>
Tamizado de sólidos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspeccionar los equipos de tamizado por si existiera algún atasco o fallo en su operación</li><li>• Comprobar el funcionamiento del sistema de transporte de residuos</li><li>• Baldear y limpiar toda la zona de desbaste para eliminar los residuos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gestionar la retirada de residuos cuando sea necesario</li></ul>
Eliminación de grasas y desarenado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lavar con agua a presión la zona de desengrasado del equipo</li><li>• Proceder a la retirada de arenas del fondo del equipo cuando sea necesario</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gestionar la retirada de residuos cuando sea necesario</li></ul>

Proceso	Actividad	Observaciones
Bombeos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspeccionar el estado general de los bombes, especialmente la existencia de materiales que puedan dañar los controles de nivel de las bombas</li><li>• Cambiar las secuencias de actuación según sea necesario</li></ul>	
Reactor biológico	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hacer observaciones visuales del contenido del reactor, principalmente de la espuma de superficie, si hay alguna</li><li>• Comparar el olor del reactor con el normal</li><li>• Asegurarse del correcto funcionamiento de la tubería de recirculación de fangos</li><li>• Limpiar con una manguera las paredes del reactor</li></ul>	
Sistema de inyección de aire	<ul style="list-style-type: none"><li>• Comprobar diariamente el funcionamiento de todas las unidades</li><li>• Revisar diariamente el correcto consumo energético</li></ul>	

## 4.- COSTES DE EXPLOTACIÓN.

Se desarrolla a continuación el estudio del costo del Servicio de Gestión y Explotación de la Planta objeto de la presente ingeniería básica.

Los costos, atendiendo a su naturaleza, han sido divididos en dos tipos:

- Gastos fijos, independientes del caudal de agua tratado.
- Personal

Las necesidades de personal para atender correctamente la Planta, que se prevé que sea suficiente con dos operarios.

- Término fijo de la energía eléctrica. Corresponde al costo fijo por la tarifa contratada.
- Gastos variables, directamente dependientes del caudal.
- Evacuación de fangos:

Se ha considerado el coste correspondiente al transporte de estos residuos al mismo vertedero, estimándose en 48 €/Tonelada.

- Reactivos de proceso:
- Término variable de la energía eléctrica

El Término Variable de la Energía según la tarifa estudiada.

<b>Caudal tratado (m3/d)</b>	<b>16</b>
<b>Días trabajados/año</b>	<b>175</b>

	CONSUMO		PRECIO		COSTE DIARIO (Euros/d)	COSTE ANUAL (Euros/año)	COSTE ESPECIFICO (Euros/m3)
ELECTRICIDAD	75	KWh/d	0,069	€/ kWh	5,175	905,625	0,323
SOSA	1,00	l/d	150,00	€/ Tn	0,150	26,250	0,009
ANTIESPUMANTE	0,5	l/día	2000,00	€/ Tn	2,00	350	0,125
GESTIÓN FANGOS	0,05	Tn/d	48,00	€/ Tn	2,4	420	0,15
2 OPERARIOS						44000	15,714
<b>TOTAL</b>						<b>45701.875</b>	<b>16.321</b>

#### 4.1.- RESUMEN DE LOS COSTES DE EXPLOTACIÓN.

## 5.- COMPARATIVA:

### Tarifas en vigor desde el 23 de Enero de 2009, en el puerto de Marín:

Extraídas de su página Web.

Tarifas máximas – ANEXOS I y IV MARPOL (Líquidos).

Las tarifas máximas para el servicio de recepción de desechos líquidos generados por buques serán las establecidas a continuación:

- Colocación de contenedor/cisterna/depósito en muelle a costado del buque, retirada del mismo, transporte a punto limpio, trasvase a cisternas de almacenamiento y posterior transporte y tratamiento en punto de recepción final:

Precio M3 de Marpol Líquido	90,23 Euros/m3
Precio M3 de Marpol de alta densidad (Lodos, Fangos o productos que no sean líquidos a temperatura ambiente)	125,00 Euros/m3

- Los servicios por vía marítima efectuados a buques, plataformas e instalaciones fijas situadas en la zona de servicio del Puerto de Marín, tendrán una tarifa máxima de 600 euros/hora y un mínimo de una hora, adicionales al precio por m3 anteriormente establecido.

Recargos máximos sobre todos los conceptos anteriores:

1. Por necesitar el buque medios adicionales:

Utilización bomba	3 euros/hora o fracción
Utilización manguera	6 euros/día
Personal	20 euros/hora o fracción

2. Por prestación de servicios fuera de horario:

Laborables de 20:00 a 8:00	12 %
Sábados, Domingos ó Festivos	22 %
En Personal, recargo de 13 Euros/hora por realizar el servicio en Sábado, domingos y festivos	

3. En los servicios efectuados a buques, plataformas e instalaciones fijas situadas en la Zona II del Puerto de Marín: 15%

**Tarifa en la planta de tratamiento MARPOL de ALGECIRAS:**

Extraídas de su página Web.

Tarifas desde 22,84 €/m<sup>3</sup>, siendo esta tarifa la relativa a las aguas menos contaminadas.

## **8.- PRESUPUESTO**

**ÍNDICE:**

<b>1.- OBRA DE LLEGADA Y ALMACENAMIENTO.....</b>	<b>2</b>
<b>2.- TRATAMIENTOS PREVIOS AL REACTOR BIOLÓGICO.....</b>	<b>7</b>
<b>3.- REACTOR BIOLÓGICO.....</b>	<b>16</b>
<b>4.- VERTIDO AL MAR.....</b>	<b>22</b>
<b>5.- RESTO DE INSTALACIÓN.....</b>	<b>26</b>
<b>6.- RESUMEN DE COSTES.....</b>	<b>28</b>

## 1.- OBRA DE LLEGADA Y ALMACENAMIENTO.

**Total: 399.504,89 €**

- **NAVE DE TRATAMIENTO**

Nave de tratamiento construida con estructura metálica soldada a base de perfiles normalizados de acero s-275-j cimentada mediante cimentación superficial por zapatas aisladas unidas con vigas riostras de hormigón armado incluyendo los trabajos de movimiento de tierras, encofrados y desencofrados, base de 10 cm de hormigón de limpieza, hormigón ha-25 de características adecuadas a zonas costeras y acero de ferralla db-400-s, incluso suministro y colocación de placas de anclaje. Los cerramientos y la cubierta se realizarán con paneles de chapa grecada prelacada por ambas caras, con lucernarios de poliéster en cubierta y contará con una puerta abatible. La nave contará con una solera de ha de 15 cm de espesor sobre base de 20 cm de zahorra compactada. Medida la unidad completamente ejecutada sin incluir instalaciones auxiliares.

$$15\text{m} \times 20\text{m} \rightarrow 300,00\text{m}^2 \times 216,56\text{€/m}^2 = \mathbf{64.968,00 \text{ €}}$$

- **CIMENTACIÓN DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO**

Cimentación para los depósitos de almacenamiento de residuo desde el foso de recepción y desbaste, incluyendo excavación hasta alcanzar la cota correspondiente, relleno y apisonado de material en caso de ser necesario, ejecución de la losa y anillo de cimentación mediante encofrados, ferralla de acero b-500-s, vertido de hormigón ha-25 de características adecuadas a la zona costera donde se encuentra la planta, relleno con arena, capa de aglomerado asfáltico, elementos auxiliares, pequeño material, etc. Medida la unidad completamente ejecutada.

$$2,00 \times 19.602,39 = \mathbf{39.204,78 \text{ €}}$$

- **DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO**

Depósito de 300m<sup>3</sup> en acero inoxidable calidad AISI-316, incluyendo barandilla de seguridad perimetral superior y escalera de gato con descansillo intermedio en acero inoxidable calidad AISI-304. Este precio incluye el radiografiado de un 10% de los cruces de soldaduras.

- Diámetro: 7260 mm
- Altura: 7250 mm
- Tipo de fondo: Inclinado un 2%
- Espesor de fondo: 22 mm.
- Espesor de virola: 22 mm.
- Tipo de techo: Fondo tipo Korboggen.

$$2,00 \times 132.285,71 = \mathbf{264.571,42 \text{ €}}$$

- **CUBETO DE LOS DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO**

Cubeto para ubicación de depósitos de almacenamiento de residuo incluyendo los movimientos de tierras y explanaciones, encofrados, losas y muros de hormigón armado con ha-25 y acero de ferralla b-400-s hasta una altura máxima de los muros de 2,40 m, incluso escalera metálica portátil de entrada. Medida la unidad completamente terminada.

$$10 \text{ m} \times 18 \text{ m} \rightarrow 180,00 \text{ m}^2 \times 117,20\text{€/m}^2 = \mathbf{21.096,00 \text{ €}}$$

- **FOSO DE RECEPCIÓN Y DESBASTE DE GRUESOS**

Foso de recepción y desbaste de gruesos, incluyendo excavación y transporte de tierras sobrantes a vertedero, encofrados, losas y muros de

hormigón armado con hormigón ha-25 de características adecuadas a las zonas costeras, acero de ferralla b-500-s, desencofrados, reja de desbaste manual, pequeño material y elementos auxiliares, medida la unidad completamente ejecutada.

**3.432,61 €**

- **REJA MANUAL PREDESBASTE**

Reja limpieza manual pre desbaste:

Servicio: separación de sólidos en el pozo de bombeo.

Características:

- tipo: vertical recta.
- luz de paso (mm): 20 mm
- espesor de los barrotes (mm): 15
- anchura reja (mm): 450
- altura reja (mm): 450
- forma del barrote: rectangular
- sección del barrote (mm x mm): 20 x 20

Materiales:

- acero inoxidable AISI-304

Certificado de materiales

Procedimiento de soldadura y protocolos de homologación de soldadores preparación, biselado limpieza de bordes y presentación. Chequeo inspección visual del 100% de soldaduras inspección por líquidos

penetrantes (10%) limpieza y preparación superficial previa al pintado  
dossier final fabricante

Pintura

Autorización de envío

Montaje en obra:

Control dimensional (tolerancias)

Montaje del reductor y rasquetas

Verificación del imitador de par y final de carrera

Anclajes y fijaciones

Prueba de servicio

Dossier final

**852,52 €**

• **BOMBAS SUMERGIBLES PARA AGUA BRUTA**

Grupo motobomba centrífuga sumergible de las siguientes características:

- caudal en el punto de trabajo ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) exigido:  $10 \text{ m}^3/\text{h}$
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 25 m.c.a.
- tipo rodete: cb-contra bloqueo (monocanal abierto)
- paso de sólidos (mm): 100
- diámetro de entrada (mm): 100 mm
- diámetro de salida (mm): 100 mm.

- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- potencia en el eje del motor: (kw): 2.7 kw

Líquido a bombear:

- aguas residuales con sólidos en suspensión

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 3 kw
- velocidad (r.p.m.): 1.450 rpm
- tensión de servicio: 400 v.
- frecuencia: 50 hz.

Materiales:

- alojamiento de motor: fundición gris gg 25
- eje del rotor: acero inoxidable AISI 420
- impulsor: fundición gris gg 25
- voluta: fundición gris gg 25
- tornillería: acero inoxidable AISI 316

Motor eléctrico.

- rotor en jaula de ardilla
- protección: ip-55 (motor al aire), ip-68 (motor sumergido o ambiente muy húmedo)

- forma constructiva: según norma
- tensión: 380/220 v
- frecuencia: 50 hz
- aislamiento: clase b (motor al aire), clase f (motor sumergido, ambiente muy húmedo)
- arranque: directo (hasta 15 kw inclusive), electrónico digital o suave (si  $p > 15$  kw), variador de frecuencia en cualquier potencia.
- engrase de cojinetes: grasa k3k, a base de aceite mineral saponificado con litio
- pruebas y ensayos: ensayos de vacío, cortocircuito y calentamiento, comprobación del rendimiento y del factor de potencia para 2/4, 3/4 y 4/4 de la plena carga, par máximo y par inicial, pérdidas globales
- acabados: según estándar del fabricante

2,00 x 2.689,78 = **5.379,56 €**

## **2.- TRATAMIENTOS PREVIOS AL REACTOR BIOLÓGICO.**

**Total: 53.209,77 €**

- **GRUPO MOTOBOMBA CENTRIFUGA SUMERGIBLE**

Grupo motobomba centrífuga sumergible de las siguientes características:

- caudal en el punto de trabajo ( $m^3/h$ ) exigido: 10  $m^3/h$
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 10 m.c.a.
- tipo rodete: cb-contra bloqueo (monocanal abierto)

- paso de sólidos (mm): 100
- diámetro de entrada (mm): 100 mm
- diámetro de salida (mm): 50 mm.
- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- potencia en el eje del motor: (kw): 1.5 kw

Líquido a bombear:

- aguas residuales con sólidos en suspensión

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 1.8 kw
- velocidad (r.p.m.): 1.450 rpm
- tensión de servicio: 400 v.
- frecuencia: 50 hz.

Materiales:

- alojamiento de motor: fundición griss GG 25
- eje del rotor: acero inoxidable AISI 420
- impulsor: fundición gris GG 25
- voluta: fundición gris GG 25
- tornillería: acero inoxidable AISI 316

Motor eléctrico.

- rotor en jaula de ardilla
- protección: ip-55 (motor al aire), ip-68 (motor sumergido o ambiente muy húmedo)
- forma constructiva: según norma
- tensión: 380/220 v
- frecuencia: 50 hz
- aislamiento: clase b (motor al aire), clase f (motor sumergido, ambiente muy húmedo)
- arranque: directo (hasta 15 kw inclusive), electrónico digital o suave (si  $p > 15$  kw), variador de frecuencia en cualquier potencia.
- engrase de cojinetes: grasa k3k, a base de aceite mineral saponificado con litio
- pruebas y ensayos: ensayos de vacío, cortocircuito y calentamiento, comprobación del rendimiento y del factor de potencia para 2/4, 3/4 y 4/4 de la plena carga, par máximo y par inicial, pérdidas globales
- acabados: según estándar del fabricante

$$2,00 \times 1.949,78 = \mathbf{3.899,56 \text{ €}}$$

- **TORNILLO COMPACTADOR**

Equipo compacto de tamizado:

Datos generales:

- Caudal máximo tratamiento = 12 m<sup>3</sup>/h
- Caudal nominal = 5 m<sup>3</sup>/h

- Longitud equipo = 4000 mm
- Ancho equipo = 669 mm
- Alto equipo = 788 mm

Posición de montaje: en superficie

Sistema de desbaste:

- Tamiz a sinfín inclinado: GCPC 700 luz de paso = 3 mm
- Caudal máximo para agua limpia = 756 m<sup>3</sup>/h
- Inclinación = 35°
- Sistema de transporte y compactado: incluido deshidratación y compactación de los sólidos separados: 30 a 45 % sistema de limpieza en zona de compactación: incluido en dos posiciones caudal de agua simultaneo necesario = 1 l/s a 5 bar max. Accionamiento del tamiz de desbaste: motorreductor.
- Potencia = 7.5 kw
- Protección: ip-55 clase f b5
- Tensión y frecuencia: 400 v 50 hz

Materiales:

- Carcasa, soportes tamiz y tubos: acero inoxidable AISI-304 I, soldaduras limpias, decapadas y pasivadas hélices sinfín de desbaste: acero especial de alta resistencia a la erosión reforzado y micro aleado

**19.341,00 €**

- **DESARENADOR-DESENGRASADOR**

**10.356,06 €**

- **SOPLANTE**

Grupo motosoplante para la inyección de aire en el desarenador-desengrasador. De las siguientes características:

Datos de servicio:

- Medio a vehicular: aire
- Caudal en condiciones normales: 100 nm<sup>3</sup>/h.
- Temperatura aspiración: 20°C.
- Temperatura impulsión: 61°C.
- Presión aspiración: 1,00 bar (abs)
- Presión impulsión: 1,44 bar (abs)
- Presión diferencial: 440 mbar
- N° revoluciones soplante: 3000 1/min.
- N° revoluciones motor: 2955 1/min.
- Potencia absorbida: 3.5 kw.
- Potencia motor: 4 kw.
- Tolerancias (según DIN 1952) para caudal de aspiración ± 5 para potencia absorbida ± 5%
- Nivel de ruido

- Presión sonora sin cabina aprox.: 93 db(a)
- Presión sonora con cabina aprox.: 81 db(a)
- Medido en el exterior a 1 m de distancia del agregado (tolerancia  $\pm 2$  db) método de medida s/din 45635
- certificado de materiales según din 50049 2.2
- Tipo: émbolos rotativos
- Carcasa: material: en-gjl-200 (gg 20) refrigerado por aire con canales de admisión previa en el lado de presión de la carcasa, para reducción de ruido por disminución de pulsaciones.
- Material: c 45 n, forjado en una pieza
- Dinámicamente equilibrado
- Engranajes de sincronismo: material: 16 mn cr 5e
- Dentado helicoidal, templado y rectificado.
- Cojinetes: rodamientos.
- Lubricación: por barboteo. Cantidad de aceite: 2 litros.
- Estanqueidad cámara de transporte: mediante cuatro anillos rectangulares con laberintos y chapas dispersoras. Estanqueidad del eje de accionamiento: mediante retén de eje.
- Pintura: imprimación por inmersión.
- Dirección de giro: visto hacia el eje de accionamiento contra reloj.
- Accionamiento: transmisión por correas y poleas.

**1.372,00 €**

- **BOMBA PARA TRANSPORTE DE GRASAS**

Bomba para transporte de grasas.

Bomba portátil, para bombear la mezcla de grasas procedentes del desengrase

- caudal: 1.3 m<sup>3</sup>/h
- presión: 0.5 bar
- potencia: 0.75 kw
- protección: ip-55
- tensión: 400 v
- frecuencia: 50 hz

Materiales:

- cuerpo: fundición GG25
- eje de accionamiento y eje del cardan: acero inoxidable
- rotor: acero templado endurecido
- extractor y mangueras: perbunan

Incluida tubería flexible de 20 m de longitud.

**770,00 €**

- **RED DE VACIADOS Y EVACUACIÓN DE FANGOS A CABECERA DE PROCESO**

Red enterrada de vaciados y evacuación de fangos a cabecera de proceso mediante colectores de PVC corrugados de doble pared, enterrados en zanja normalizada, incluso excavación, relleno y transporte de tierras

sobrantes a vertedero, rejillas imbornales, arquetas, sumideros, etc. Medida la unidad completamente ejecutada.

**4.837,20 €**

- **GRUPO MOTOBOMBA CENTRIFUGA SUMERGIBLE**

Grupo motobomba centrífuga sumergible de las siguientes características:

Servicio: Transporte de líquidos de la arqueta de vaciados al depósito de almacenamiento.

- caudal en el punto de trabajo ( $m^3/h$ ) exigido:  $5 m^3/h$
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 20 m.c.a.
- tipo rodete: cb-contra bloqueo (monocanal abierto)
- paso de sólidos (mm): 100
- diámetro de entrada (mm): 100 mm
- diámetro de salida (mm): 100 mm.
- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- potencia en el eje del motor: (kw): 1.5 kw

Líquido a bombear:

- aguas residuales con sólidos en suspensión

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 1.8 kw

- velocidad (r.p.m.): 1.450 rpm
- tensión de servicio: 400 v.
- frecuencia: 50 hz.

Materiales:

- alojamiento de motor: fundición griss GG 25
- eje del rotor: acero inox AISI 420
- impulsor: fundición gris GG 25
- voluta: fundición gris GG 25
- tornillería: acero inox AISI 316

Motor eléctrico.

- rotor en jaula de ardilla
- protección: ip-55 (motor al aire), ip-68 (motor sumergido o ambiente muy húmedo)
- forma constructiva: según norma
- tensión: 380/220 v
- frecuencia: 50 hz
- aislamiento: clase b (motor al aire), clase f (motor sumergido, ambiente muy húmedo)
- arranque: directo (hasta 15 kw inclusive), electrónico digital o suave (si  $p > 15$  kw), variador de frecuencia en cualquier potencia.
- engrase de cojinetes: grasa k3k, a base de aceite mineral saponificado con litio

- pruebas y ensayos: ensayos de vacío, cortocircuito y calentamiento, comprobación del rendimiento y del factor de potencia para 2/4, 3/4 y 4/4 de la plena carga, par máximo y par inicial, pérdidas globales
- acabados: según estándar del fabricante

$$2,00 \times 1.949,78 = \mathbf{3.899,56 \text{ €}}$$

- **GRUPO MOTOBOMBA CENTRÍFUGA**

Grupo motobomba centrífuga de las siguientes características:

Servicio: alimentación a depósito pulmón.

- caudal en el punto de trabajo (m<sup>3</sup>/h): 5
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 13
- tipo rodete: vortex
- paso de sólidos (mm): 100
- diámetro de salida (mm): 50
- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- rendimiento el punto de trabajo (%): 42,4
- potencia en el eje del motor: (kw): 1,3

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 1.5

Materiales:

- cuerpo: fundición gris GG-25
- impulsor: fundición gris GG-25
- eje: acero inoxidable AISI-420
- asa de elevación: acero a42-b galvanizado en caliente
- juntas mecánicas dobles.
- tornillería: acero inoxidable AISI-316
- guía acoplamiento: acero a42-b galvanizado en caliente

Acabados:

- según estándar del fabricante, siempre que cumpla la mínima protección que imponen las especificaciones generales de este pliego.

Motor eléctrico.

- rotor en jaula de ardilla
- protección: ip-55 (motor al aire), ip-68 (motor sumergido o ambiente muy húmedo)
- forma constructiva: según norma
- tensión: 380/220 v
- frecuencia: 50 hz
- aislamiento: clase b (motor al aire), clase f (motor sumergido, ambiente muy húmedo)
- arranque: directo (hasta 15 kw inclusive), electrónico digital o suave (si  $p > 15$  kw), variador de frecuencia en cualquier potencia.

- engrase de cojinetes: grasa k3k, a base de aceite mineral saponificado con litio
- pruebas y ensayos: ensayos de vacío, cortocircuito y calentamiento, comprobación del rendimiento y del factor de potencia para 2/4, 3/4 y 4/4 de la plena carga, par máximo y par inicial, pérdidas globales
- acabados: según estándar del fabricante

2,00 x 1.468,78 = **2.937,56 €**

- **DEPOSITO DE PRFV DE 25 M<sup>3</sup>**

Deposito construido en PRFV de las siguientes características:

- Volumen del depósito 25 m<sup>3</sup>
- Diámetro: 3160 mm
- Altura: 3190 mm
- Tipo de fondo: plano
- Espesor de fondo: 10 mm.
- Espesor de virola: 8 mm.
- Tipo de techo: Fondo tipo Korboggen.

**5.796,83 €**

### **3.- REACTOR BIOLÓGICO.**

**Total: 21.416,39 €**

- **GRUPO MOTOBOMBA CENTRIFUGA**

Grupo motobomba centrífuga sumergible de las siguientes características:

Servicio: bombeo a Reactor Biológico.

- caudal en el punto de trabajo ( $m^3/h$ ): 5
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 5
- tipo rodete: vortex
- paso de sólidos (mm): 50
- diámetro de salida (mm): 50
- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- rendimiento en el punto de trabajo (%): 42,4
- potencia en el eje del motor: (kw): 1,3

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 1.3

Materiales:

- cuerpo: fundición gris GG-25
- impulsor: fundición gris GG-25
- eje: acero inoxidable AISI-420
- asa de elevación: acero a42-b galvanizado en caliente
- juntas mecánicas dobles.
- tornillería: acero inoxidable AISI-316
- guía acoplamiento: acero a42-b galvanizado en caliente

Acabados:

- según estándar del fabricante.

Motor eléctrico.

- rotor en jaula de ardilla
- protección: ip-55 (motor al aire), ip-68 (motor sumergido o ambiente muy húmedo)
- forma constructiva: según norma
- tensión: 380/220 v
- frecuencia: 50 hz
- aislamiento: clase b (motor al aire), clase f (motor sumergido, ambiente muy húmedo)
- arranque: directo (hasta 15 kw inclusive), electrónico digital o suave (si  $p > 15$  kw), variador de frecuencia en cualquier potencia
- engrase de cojinetes: grasa k3k, a base de aceite mineral saponificado con litio
- pruebas y ensayos: ensayos de vacío, cortocircuito y calentamiento, comprobación del rendimiento y del factor de potencia para 2/4, 3/4 y 4/4 de la plena carga, par máximo y par inicial, pérdidas globales
- acabados: según estándar del fabricante

$$2,00 \times 1.209,78 = \mathbf{2.419,56 \text{ €}}$$

## **DECANTADOR SECUNDARIO**

- o Diámetro 1.5 m

- Altura 3 m

**9.785,50 €**

- **ELECTROVALVULA PN10 PARA PURGA DE FANGOS**

**1.206,80 €**

- **SOPLANTE**

Grupo motosoplante para la inyección de aire en el reactor biológico. De las siguientes características:

Datos de servicio:

- Medio a vehicular: aire
- Caudal en condiciones normales: 100 nm<sup>3</sup>/h.
- Temperatura aspiración: 20°C.
- Temperatura impulsión: 61°C.
- Presión aspiración: 1,00 bar (abs)
- Presión impulsión: 1,44 bar (abs)
- Presión diferencial: 440 mbar
- N° revoluciones soplante: 3000 1/min.
- N° revoluciones motor: 2955 1/min.
- Potencia absorbida: 3.5 kw.
- Potencia motor: 4 kw.
- Tolerancias (según DIN 1952) para caudal de aspiración ± 5 para potencia absorbida ± 5%

- Nivel de ruido
- Presión sonora sin cabina aprox.: 93 db(a)
- Presión sonora con cabina aprox.: 81 db(a)
- Medido en el exterior a 1 m de distancia del agregado (tolerancia  $\pm 2$  db) método de medida s/din 45635
- - certificado de materiales según din 50049 2.2
- Tipo: émbolos rotativos
- Carcasa: material: en-gjl-200 (gg 20) refrigerado por aire con canales de admisión previa en el lado de presión de la carcasa, para reducción de ruido por disminución de pulsaciones.
- Material: c 45 n, forjado en una pieza
- Dinámicamente equilibrado
- Engranajes de sincronismo: material: 16 mn cr 5e
- Dentado helicoidal, templado y rectificado.
- Cojinetes: rodamientos.
- Lubricación: por barboteo. Cantidad de aceite: 2 litros.
- Estanqueidad cámara de transporte: mediante cuatro anillos rectangulares con laberintos y chapas dispersoras. Estanqueidad del eje de accionamiento: mediante retén de eje.
- Pintura: imprimación por inmersión.
- Dirección del flujo: hacia abajo.
- Dirección de giro: visto hacia el eje de accionamiento contra reloj.
- Accionamiento: transmisión por correas y poleas.

**3.392,00 €**

- **GRUPO MOTOBOMBA CENTRIFUGA**

Grupo motobomba centrífuga de las siguientes características:

Servicio: Salida del fangos del sistema.

- caudal en el punto de trabajo ( $m^3/h$ ): 5
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 13
- tipo rodete: vortex
- paso de sólidos (mm): 50
- diámetro de salida (mm): 50
- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- rendimiento el punto de trabajo (%): 42,4
- potencia en el eje del motor: (kw): 1,3

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 1.5

Materiales:

- cuerpo: fundición gris GG-25
- impulsor: fundición gris GG-25
- eje: acero inoxidable AISI-420

- asa de elevación: acero a42-b galvanizado en caliente
- juntas mecánicas dobles.
- tornillería: acero inoxidable AISI-316
- guía acoplamiento: acero a42-b galvanizado en caliente

Acabados:

- según estándar del fabricante, siempre que cumpla la mínima protección que imponen las especificaciones generales de este pliego.

Motor eléctrico.

- rotor en jaula de ardilla
- protección: ip-55 (motor al aire), ip-68 (motor sumergido o ambiente muy húmedo)
- forma constructiva: según norma
- tensión: 380/220 v
- frecuencia: 50 hz
- aislamiento: clase b (motor al aire), clase f (motor sumergido, ambiente muy húmedo)
- arranque: directo (hasta 15 kw inclusive), electrónico digital o suave (si  $p > 15$  kw), variador de frecuencia en cualquier potencia.
- engrase de cojinetes: grasa k3k, a base de aceite mineral saponificado con litio
- pruebas y ensayos: ensayos de vacío, cortocircuito y calentamiento, comprobación del rendimiento y del factor de potencia para 2/4, 3/4 y 4/4 de la plena carga, par máximo y par inicial, pérdidas globales

- acabados: según estándar del fabricante

$$2,00 \times 1.468,78 = \mathbf{2.937,56 \text{ €}}$$

- **CONTENEDOR PARA RECOGIDA DE RESIDUOS**

Contenedor para recogida de residuos de 10 m<sup>3</sup> de capacidad.

- capacidad (m<sup>3</sup>):10 m<sup>3</sup>
- altura (m):1,10
- material: pvc de uso urbano.
- según estándar del fabricante.

$$\mathbf{1.674,97 \text{ €}}$$

#### 4.- VERTIDO AL MAR.

**Total: 12.633,95 €**

- **GRUPO MOTOBOMBA CENTRIFUGA**

Grupo motobomba centrífuga de las siguientes características:

Servicio: alimentación al depósito de agua tratada.

- caudal en el punto de trabajo ( $m^3/h$ ): 5
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 13
- tipo rodete: vortex
- paso de sólidos (mm): 50
- diámetro de salida (mm): 50
- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- rendimiento el punto de trabajo (%): 42,4
- potencia en el eje del motor: (kw): 1,3

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 1.5

Materiales:

- cuerpo: fundición gris GG-25
- impulsor: fundición gris GG-25
- eje: acero inoxidable AISI-420
- asa de elevación: acero a42-b galvanizado en caliente
- juntas mecánicas dobles.
- tornillería: acero inoxidable AISI-316
- guía acoplamiento: acero a42-b galvanizado en caliente

Acabados:

- según estándar del fabricante, siempre que cumpla la mínima protección que imponen las especificaciones generales de este pliego.

Motor eléctrico.

- rotor en jaula de ardilla
- protección: ip-55 (motor al aire), ip-68 (motor sumergido o ambiente muy húmedo)
- forma constructiva: según norma
- tensión: 380/220 v
- frecuencia: 50 hz
- aislamiento: clase b (motor al aire), clase f (motor sumergido, ambiente muy húmedo)
- arranque: directo (hasta 15 kw inclusive), electrónico digital o suave (si  $p > 15$  kw), variador de frecuencia en cualquier potencia.

- engrase de cojinetes: grasa k3k, a base de aceite mineral saponificado con litio
- pruebas y ensayos: ensayos de vacío, cortocircuito y calentamiento, comprobación del rendimiento y del factor de potencia para 2/4, 3/4 y 4/4 de la plena carga, par máximo y par inicial, pérdidas globales
- acabados: según estándar del fabricante

2,00 x 1.468,78 = **2.937,56 €**

- **DEPÓSITO DE PRFV DE 25 M<sup>3</sup>**

Deposito construido en PRFV de las siguientes características:

- Volumen del depósito 25 m<sup>3</sup>
- Diámetro: 3160 mm
- Altura: 3190 mm
- Tipo de fondo: plano
- Espesor de fondo: 10 mm.
- Espesor de virola: 8 mm.
- Tipo de techo: Fondo tipo Korboggen.

**5.796,83 €**

- **GRUPO MOTOBOMBA CENTRIFUGA SUMERGIBLE**

Grupo motobomba centrífuga sumergible de las siguientes características:

Servicio: Bombeo al mar.

- caudal en el punto de trabajo ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) exigido:  $10 \text{ m}^3/\text{h}$
- altura en el punto de trabajo (m.c.a.): 10 m.c.a.
- tipo rodete: cb-contra bloqueo (monocanal abierto)
- paso de sólidos (mm): 100
- diámetro de entrada (mm): 100 mm
- diámetro de salida (mm): 50 mm.
- refrigeración: libre circulación del medio
- acoplamiento automático mediante tubos guía.
- tipo de rodamientos: rodillo oscilante.
- potencia en el eje del motor: (kw): 1.5 kw

Líquido a bombear: aguas residuales limpias

Accionamiento: eléctrico

- potencia eléctrica (kw): 1.8 kw
- velocidad (r.p.m.): 1.450 rpm
- tensión de servicio: 400 v.
- frecuencia: 50 hz.

Materiales:

- alojamiento de motor: fundición griss GG 25
- eje del rotor: acero inox AISI 420
- impulsor: fundición gris GG 25
- voluta: fundición gris GG 25

- tornillería: acero inox AISI 316

Motor eléctrico.

- rotor en jaula de ardilla
- protección: ip-55 (motor al aire), ip-68 (motor sumergido o ambiente muy húmedo)
- forma constructiva: según norma
- tensión: 380/220 v
- frecuencia: 50 hz
- aislamiento: clase b (motor al aire), clase f (motor sumergido, ambiente muy húmedo)
- arranque: directo (hasta 15 kw inclusive), electrónico digital o suave (si  $p > 15$  kw), variador de frecuencia en cualquier potencia.
- engrase de cojinetes: grasa k3k, a base de aceite mineral saponificado con litio
- pruebas y ensayos: ensayos de vacío, cortocircuito y calentamiento, comprobación del rendimiento y del factor de potencia para 2/4, 3/4 y 4/4 de la plena carga, par máximo y par inicial, pérdidas globales
- acabados: según estándar del fabricante

$$2,00 \times 1.949,78 = \mathbf{3.899,56 \text{ €}}$$

## **5.- RESTO DE INSTALACIÓN.**

**Total: 30.014,89 €**

- **EQUIPO DE DESODORIZACIÓN**

**17.103,80 €**

- **SOPLANTE (9.600,0 m<sup>3</sup>/h; -147,9 Pa)**

Ventilador [1] (9.600,0 m<sup>3</sup>/h; -147,9 Pa)

**6.850,79 €**

- **DEPOSITO PARA PREPARACION DE NUTRIENTES DE 750 L**

**1.053,96 €**

- **AGITADOR PARA PREPRACION DE NUTRIENTES**

**895,87 €**

- **BOMBA DOSIFICADORA DE NUTRIENTES**

**685,08 €**

- **DEPÓSITO PARA PREPARACION DE ANTIESPUMANTE DE 750 L**

**1.053,96 €**

- **BOMBA DOSIFICADORA DE ANTIESPUMANTE**

**790,47 €**

- **DEPOSITO DE POLIESTER PARA SOSA 1000 LITROS**

**1.580,96 €**

## **9.- RESUMEN DE COSTES.**

Obra de llegada y almacenamiento.....	399.504,89 €
Tratamiento previo al Reactor Biológico.....	53.209,77 €
Reactor biológico.....	21.416,39 €
Vertido al mar.....	12.633,95 €
Resto de instalación.....	30.014,89 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL .....</b>	<b>516.779,89 €</b>

13% GASTOS GENERALES.....	67.181,38 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL.....	31.006,79 €
SUMA.....	614.968,06 €
16% IVA.....	98.394,89 €

**PRESUPUESTO DE EJECUCION POR CONTRATA.....713.362,95 €**

**El presupuesto asciende a la cantidad de “SETECIENTOS TRECE MIL TRESCIENTOS SESENTA Y DOS EUROS CON NOVENTA Y CINCO CENTIMOS”**

## **9.- LEGISLACION APLICABLE**

## **LEGISLACIÓN APLICABLE.**

### **Convenios Internacionales:**

- Convenio Internacional “sobre Responsabilidad Civil por Daños debidos a la Contaminación por Hidrocarburos” 1.975
- Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL 73/78/90)
- Convenio Internacional sobre Responsabilidad e Indemnización de daños en relación con el transporte marítimo de sustancias nocivas y potencialmente peligrosas 1996
- Convenio Internacional sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias 1972
- Convenio Internacional para el control y la gestión de agua de lastre y los sedimentos de los buques 2004.

### **Legislación Comunitaria:**

- Directiva 2000/59(CE del parlamento europeo y del consejo de 27 de noviembre del 2000 sobre instalaciones portuarias receptoras de desechos generados por buques y residuos de carga.
- Directiva 2001/106/CE del parlamento europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2001 sobre el cumplimiento de las normas internacionales de seguridad marítima, prevención de la contaminación y condiciones de vida y trabajo a bordo.
- Reglamento 2099/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de noviembre de 2002, por el que se crea el Comité de Seguridad marítima y prevención de la contaminación por los buques (COSS) y se modifican los reglamentos relativos a la

seguridad marítima y a la prevención de la contaminación por buques.

- Directiva 2002/84/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de noviembre de 2002, por la que se modifican los reglamentos relativos a la seguridad marítima y a la prevención de la contaminación por buques.
- Resolución MEPC.83(44) de 13 de Marzo del 2000 del Comité de Protección del Medio Marino que contiene las Directrices para garantizar que las instalaciones y servicios portuarios de recepción de desechos sean las adecuadas.

### **Legislación Estatal:**

- Ley 27/1992 de 24 de noviembre de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.
- R.D. 1398/1993 por el que se aprueba el Reglamento del Procedimiento para el ejercicio de la potestad sancionadora.
- R.D. 438/1994 de 11 de marzo de cumplimiento del Convenio Internacional MARPOL 73/78.
- Real Decreto 952/1.997, de 20/06, que modifica el R.D. 833/1.988, de 20/07, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1.986, de 14/05, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos
- Ley 62 /1997 de 26 de Diciembre, que modifica la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.
- Ley 10/1998 de 21 de Abril de Residuos.

- Orden MAM/304/2002 de 8 de Febrero por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- Ley 16/2002 de 1 de Julio sobre Prevención y Control Integrados de la contaminación
- Orden FOM/3056/2002, de 29 de Noviembre, por la que se establece el procedimiento integrado de escala de buques en los puertos de interés general.
- R.D. 1381/2002 de 20 de diciembre sobre instalaciones portuarias de recepción de desechos generados por los buques y residuos de carga.
- Ley 48/ 2003 de 26 de Noviembre, de régimen económico y prestación de servicios en los puertos de interés general
- R.D. 253/2004 de 13 de febrero sobre prevención y lucha contra la contaminación en el ámbito marino y portuario.

### **Legislación Autonómica:**

- Decreto 14/1996, de 16 de Enero por el que se aprueba el Reglamento de Calidad de las Aguas Litorales (BOJA numero 19, de 8 de febrero de 1996).
- Ley 7/2007: Gestión integrada de la Calidad Ambiental de 20 de Julio de 2007.

## **NORMATIVA APLICABLE A LOS TRABAJOS DE OBRA CIVIL E INSTALACIONES AUXILIARES AGUAS.**

- **Orden del Ministerio de Industria, del 9 de diciembre de 1975 (B.O.E. 13-01-1976) de las Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de suministro de agua.**
- **Orden del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo , del 28 de Julio de 1974 (B.O.E. 03-10-1974), por el que se aprueba el PLIEGO DE prescripciones Técnicas generales para tuberías de abastecimiento de agua Reglamento de prestación de Servicios de Abastecimiento de Agua (BOJA 15-06-1981).**
- **Ley de Aguas, de la Jefatura de Estado, del 2 de agosto de 1985 (B.O.E. 08-08-1985 y B.O.E.10-08-1985).**
- **Real Decreto 849/1986 del 11 de abril de 1986, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (B.O.E. 30-04-86), por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico que desarrolla varios títulos de la Ley de aguas.**
- **Real Decreto 1315/1992 del 30 de octubre de 1992, del Ministerio de Obras Públicas y Transporte (B.O.E.) 01-12-92), por el que se aprueba la modificación del Reglamento de Dominio Público hidráulico que desarrolla varios títulos de la ley de Aguas.**
- **Real decreto 927/1988 por el que se aprueba el reglamento de Administración Pública del agua y planificación hidrológica.**
- **Reglamento de Suministro Domiciliario de Agua Andaluz (B.O.J.A 10/09/1991).**

#### **ACCESIBILIDAD:**

- **Ley 13/1982, de la Jefatura de Estado (B.O.E. 30-04-1982), del 7 de abril de 1982, de integración social de los minusválidos.**

- **Real Decreto 556/1989, del 19 de mayo de 1989, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (B.O.E. 23-05-89), por el que se aprueban las medidas mínimas sobre Accesibilidad en los edificios.**
- **Decreto 72/1992, del 5 de mayo de 1992, de la Consejería de la Presidencia (B.O.J.A. 23-05-92 y 06-06-92), por el que se aprueban las Normas Técnicas para la Accesibilidad y la eliminación de barreras arquitectónicas, urbanísticas y en el transporte en Andalucía.**
- **Ley 15/1995, de la Jefatura de Estado (B.O.E. 31-05-1995), del 30 de mayo de 1995, sobre los límites del dominio sobre inmuebles para eliminar barreras arquitectónicas a las personas con discapacidad.**
- **Ley 1/1999, de la Presidencia del Gobierno (B.O.J.A. 17-04-1999), del 31 de marzo de 1999, de atención a las personas con discapacidad en Andalucía.**

### **ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN:**

- **Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo de 2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (Documento DB-SE-AE Acciones en la Edificación).**
- **Real Decreto 997/2002, de 27 de Septiembre, del Ministerio de Fomento, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSR-02).**

### **ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO:**

- **Decreto 462/1971, del 11 de marzo de 1971, del Ministerio de Vivienda (B.O.E. 24-03-1971), por el que se aprueban las**

normas sobre redacción de proyectos y dirección de obras de edificación.

### **AISLAMIENTO ACÚSTICO:**

- **Real Decreto 2115/1982, del 12 de Agosto de 1982 (B.O.E. 03-09-1982 y 07-10-1982), del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-82 sobre Condiciones Acústicas en los edificios.**
- **Orden de 29 de septiembre de 1988 del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (B.O.E. 8-10-1988), por la se aclaran y corrigen diversos aspectos de los anexos a la Norma Básica de la Edificación NBE-CA- 82 sobre “Condiciones Acústicas en los edificios”.**

### **AISLAMIENTO TÉRMICO:**

- **Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo de 2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (Documento DB-HE-Ahorro de Energía)**

### **PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS:**

- **Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo de 2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (Documento DB-SI-Seguridad en Caso de Incendio)**

- **Real Decreto 2267/2004, del 3 de Diciembre**, nuevo Reglamento de seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales.

### **CEMENTOS Y CALES:**

- **Real Decreto 776/1997, del 30 de mayo de 1997 (B.O.E. 13-06-1997)**, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos RC-97.
- **Real Decreto 823/1993, del 28 de mayo de 1993, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la secretaría del Gobierno (B.O.E. 22-06-93)**, por el que aprueba la Instrucción para la Recepción de cementos (RC-93).
- **Real Decreto 1313/1988, del 28 de octubre de 1988, del Ministerio de Industria y Energía (BOE 04-11-88)**, por el que se aprueba la Obligatoriedad de la homologación de los cementos para la fabricación de hormigones y morteros para todo tipo de obras y productos prefabricados.
- **Orden del 28 de junio de 1989 del Ministerio de relaciones con las cortes y de la Secretaría de Gobierno (BOE 29-12-89)**, por le que se aprueba la Modificación de la relación de normas UNE que figuran en el anexo al Real Decreto 1313/1988 del 28 de junio y de 1988.
- **Orden del 28 de diciembre de 1989, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría de Gobierno (BOE 29-12-89)**, por el que aprueba la Nueva redacción del apartado 2º de la orden del 28 de junio de 1989.
- **Orden del 18 de diciembre de 1992 del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, (BOE 26-12-92)**, por el que se

- aprueba la Instrucción para la recepción de cales en obras de estabilización de suelos (RCA-92).**
- **Orden del 24 de junio de 1964, del Ministerio de Industria y Energía (BOE 08-07-64), por el que se aprueban las Instrucciones para la aplicación de la Orden del 24 de junio de 1964.**
  - **Real Decreto 2661/1998 del 11 de diciembre de 1998, del Ministerio de Fomento (BOE 13-01-99), por el que se aprueba la Instrucción de hormigón estructural EHE.**
  - **Orden del 17 de enero de 1989, del Ministerio de Industria y Energía (BOE 25-01-89), por el que se aprueba el Certificado de conformidad a normas como alternativa de la Homologación de los cementos para la fabricación de hormigones y morteros para todo tipo de obras y productos.**

### **CUBIERTAS:**

- **Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo de 2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.**
- **Orden del 14 de enero de 1991, del Ministerio de Industria y Energía, (BOE 01-02-91), por el que se aprueba el Certificado de conformidad como alternativa a la homologación obligatoria de los productos bituminosos para la impermeabilización de cubiertas en la edificación.**
- **Resolución del 15 de junio de 1988, de la Dirección General de Arquitectura y Vivienda (BOE 30-06-88), por la que se aprueban las Disposiciones específicas para ladrillos de arcilla cara vista y tejas cerámicas.**

### **ENERGÍA:**

- **Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo de 2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (Documento DB-HE-Ahorro de Energía)**

### **ELECTRICIDAD E ILUMINACIÓN:**

- **Real decreto 842/2002 de 2 de Agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para baja tensión, SUS instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) y las normas UNE en vigor.**

### **ESTRUCTURAS DE FORJADOS:**

- **Real Decreto 2661/1998 de 11 de diciembre de 1998, por el que aprueba la Instrucción de hormigón estructural (EHE-98).**
- **Real Decreto 996/1999 de 11 de junio de 1999 (BOE 24-06-1999), por la que se aprueba la modificación del Real Decreto 1177/1992, de 2 de octubre, por el que se reestructura la Comisión Permanente del Hormigón, y el Real Decreto 2661/1998, de 11 de diciembre, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-98).**
- **Orden del 29 de noviembre de 1989, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (BOE 16-12-89), por el que se aprueba el Modelo de fichas técnicas a que se refiere el Real Decreto 1630/1980, del 18 de julio, sobre autorización de uso para la fabricación y empleo de elementos resistentes para pisos y cubiertas.**
- **Resolución del 24 de febrero de 1982, de la Dirección General de Arquitectura y Vivienda (BOE 23-03-82), por el**

**que se aprueban las** Disposiciones reguladoras para el hormigón preparado.

- **Resolución del 15 de junio de 1988, de la Dirección General de Arquitectura y vivienda (BOE 30-06-88), por el que se aprueban las** Disposiciones reguladoras generales para productos cerámicos utilizados en la edificación.
- **Real Decreto 1723/1990 del 20 de diciembre de 1990, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (BOE 04-01-91), por el que se aprueba la** Norma Básica NBE-FL-90 "Muros resistentes de fábricas de ladrillo".
- **Orden de 27 de julio de 1988, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (BOE 03-08-88), por el que se aprueba el** Pliego prescripciones técnicas generales para la recepción de bloques de hormigón en las obras de construcción RB-90.
- **Orden del 4 de julio de 1990, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (BOE 11-07-90), por el que se aprueba el** Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de bloques de hormigón en las obras de construcción RB-90.
- **Real Decreto 642/2002, 5 de Julio de 2002,** por el que se aprueba la instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados.

### **FONTANERÍA:**

- **Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo de 2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (Documento DB-HS-Salubridad).**
- **Orden del 6 de marzo de 1985 de la Consejería de Economía, Planificación, Industria y Energía (BOJA 19-03-**

**85), por la que se aprueba el Documento de calificación empresarial para instalaciones interiores de suministro de agua.**

- **Orden del 28 de diciembre de 1988 del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (BOE 06-03-89), por la que se regulan los Contadores de agua fría.**
- **Orden del 30 de diciembre de 1988 del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (BOE 30-01-89), por la que se regulan los Contadores de agua caliente.**

### **URBANISMO:**

- **Ordenanzas Del Plan General Municipal o Normas Subsidiarias correspondientes**
- **Ley de ordenación Urbanística de Castilla la Mancha**
- **Ley 6/1998 sobre régimen del suelo y valoraciones**
- **Real decreto legislativo 1/1992 de 26 de Junio por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre el Régimen del suelo y ordenación Urbana.**
- **Real Decreto 2159/1978 de 23 de junio por el que se aprueba el Reglamento de Planeamiento**
- **Real decreto 3288/1978 de 25 de Agosto por el que se aprueba el reglamento de gestión urbanística**

### **RESIDUOS:**

- **Decreto 2414/61, de 30 de noviembre de 1961, por el que se aprueba el Reglamento de actividades molestas, insalubres y nocivas.**
- **Ley 20/1986, Ley básica de residuos tóxicos y peligrosos.**

- **Real Decreto 833/1988 y Real Decreto 952/1997** por el que se desarrolla el Reglamento para la ejecución de la ley de residuos.
- **Ley 42/1975, de la Jefatura de Estado (B.O.E. 21-11-1975), del 21 de noviembre, de Derechos y residuos sólidos urbanos.**

### **ESTRUCTURAS DE ACERO:**

- **Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo de 2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (Documento DB-SE-Seguridad Estructural).**
- **Real Decreto 2702/1985, del 18 de diciembre de 1985, del Ministerio de Industria y Energía ( BOE 28-02-86 ), por el que se aprueba la Homologación de alambres trefilados, lisos y corrugados, para mallas electrosoldadas y viguetas semirresistentes de hormigón armado.**
- **Orden del 8 de marzo de 1994, del Ministerio de Industria y Energía ( BOE 22-03-94), por el que se aprueba el Certificado de conformidad como alternativa a la homologación de alambres trefilados, lisos y corrugados, para mallas electrosoldadas y viguetas semirresistentes de hormigón armado.**
- **Real Decreto 2365/1985, de 20 de noviembre de 1985, del Ministerio de Industria y Energía (BOE 21-12-85), por el que se aprueba la Homologación de armaduras activas de acero para hormigón pretensado.**
- **Orden del 3 e marzo de 1994, del Ministerio de Industria y Energía ( BOE 22-03-94 ), por el que se aprueba el Certificado de conformidad como alternativa a la homologación de armaduras activas de acero para hormigón pretensado.**

## **MATERIALES METÁLICOS Y TRANSFORMADOS:**

- **Real Decreto 2705/1985 del 27 de diciembre 1985 del Ministerio de Industria y Energía (BOE 15-03-86), por el que se aprueba la Homologación de productos metálicos básicos.**
- **Real Decreto 458/1986 del 27 de diciembre de 1986 del Ministerio de Industria y Energía (BOE 06-03-86 y BOE 07-03-86), por el que se aprueba la Homologación de tubos de acero soldado para conductos fluidos, aplicaciones mecánicas estructurales y otros usos.**
- **Orden del 8 de marzo de 1994 del Ministerio de Industria y Energía (BOE 22-03-94), por el que se aprueba el Certificado de conformidad como alternativa a la homologación de tubos de acero soldado.**
- **Real Decreto 2605/1985 del 20 de noviembre de 1985 del Ministerio de Industria y Energía (BOE 14-01-86 y BOE 13-02-86) por el que se aprueba la Homologación de tubos de acero inoxidable soldados longitudinalmente.**
- **Real Decreto 2699/1985 del 27 de diciembre de 1985, del Ministerio del Industria y Energía (BOE 22-02-86), por el que se aprueba la Homologación de perfiles extruídos de aluminio y sus aleaciones.**
- **Real Decreto 2638/1985 del 18 de diciembre del Ministerio de Industria y Energía (BOE 23/01/86), por el que se aprueba la Homologación de transformados del plomo.**
- **Resolución del 19 de noviembre de 1984 de la Dirección General de Arquitectura y Vivienda (BOE 04-12-84), por la que se regulan las Disposiciones reguladoras para elaborados de plomo para uso en la construcción.**

## **MEDIO AMBIENTE:**

- Ley 38/1972, **Protección del Medio Ambiente Atmosférico**
- Decreto 833/1975 **por el que se desarrolla la ley 38/1972**
- **Ley 7/1994 de Protección Ambiental, 18 de mayo de 1994 (BOJA 31-05-1994), por la que se regula la Ley de Protección Ambiental.**
- **Decreto 283/1995 de la Junta de Andalucía, de 21 de noviembre de 1995 (BOJA 19-12-1995), por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de la Comunidad Autónoma de Andalucía.**
- **Decreto 292/1995 de la Junta de Andalucía, 12 de diciembre de 1995 (BOJA 23-12-1995), por el que se aprueba el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental de la Comunidad Autónoma de Andalucía.**
- **Decreto 14/1996, de 15 de enero de 1996 (BOJA 08-02-1996), por el que se aprueba Reglamento de Calidad de Aguas Litorales.**
- **Decreto 74/1996 de la Junta de Andalucía, de 20 de febrero de 1996 (BOJA 07-03-1996), por el que se aprueba el Reglamento de la Calidad del Aire.**
- **Orden de la Junta de Andalucía, de 23 de febrero de 1996 (BOJA 07-03-1996), por la que se aprueba el Desarrollo del Reglamento de la Calidad del Aire en materia de medición, evaluación y valoración de ruidos y vibraciones.**
- **Decreto 153/1996 de la Junta de Andalucía, de 30 de abril de 1996 (BOJA 18-16-1996), por el que se aprueba el Reglamento de Informe Ambiental de la Comunidad Autónoma de Andalucía.**
- **Decreto 297/1996 de la Junta de Andalucía, de 19 de diciembre de 1996 (BOJA 3/11-01-1996), por el que se aprueba el Reglamento de Calificación Ambiental.**
- **Real Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre de 1961, de la Presidencia del Gobierno (BOE 07-12-61 y BOE 07-03-62), por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.**

- **Orden del 15 de marzo de 1963, del Ministerio de la Gobernación (BOE 02-04-63), por el que se aprueban las Instrucciones Complementarias para la aplicación del Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.**
- **Decreto 2183/1968, de 16 de agosto de 1968, del Ministerio de la Gobernación (BOE 20-09-68 ), por el que se aprueba la Aplicación del Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.**
- **Ley 42/1975 de la Jefatura de Estado, de 19 de noviembre de 197 (BOE 21-11-1975), por la que se regulan los Derechos y residuos sólidos urbanos.**
- **Ley 16/2002 de 1 de Julio de prevención y control integrados de la contaminación.**

## **SEGURIDAD y PREVENCIÓN**

- **Real Decreto 486/1997 del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, de 14 de abril de 1997 (B.O.E. 23-04-1997), por el que se aprueban las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.**
- **Real Decreto 487/1997 del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, de 14 de abril de 1997 (B.O.E. 23-04-1997), por el que se aprueban las Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.**
- **Real Decreto 488/1997 del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, de 14 de abril de 1997 (B.O.E. 23-04-1997), por el que se aprueban las Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.**

- **Orden del Ministerio de Trabajo, de 20 de mayo de 1952, por la que se aprueba el Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.**
- **Orden del Ministerio de Trabajo, de 20 de mayo de 1952, por la que se aprueba el Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo en la industria de la construcción.**
- **Orden del Ministerio de Trabajo, de 9 de marzo de 1971, por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.**
- **Real Decreto 1403/1986, del 9 de mayo de 1986 de la Presidencia del Gobierno (BOE 08-07-86 y BOE 10-10-87) por el que aprueba la Señalización de seguridad en los centros y locales de trabajo.**
- **Orden del 26 de agosto de 1940, del Ministerio de Trabajo (BOE 29-08-40), por el que se aprueba el Reglamento sobre iluminación en los centros de trabajo.**
- **Real Decreto 1407/1992, del 20 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (BOE 28-12-92), por le que se regulan las Condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.**
- **Orden del 16 de mayo de 1994, del Ministerio de Industria y Energía (BOE 01-06-94), por el que se aprueba la Modificación del periodo transitorio establecido en el Real Decreto 1407/92 del 20 de noviembre.**
- **Ley 31/1995 del 8 de noviembre de 1995, de la Jefatura de Estado (BOE 10-11-95), por la que se regula la Prevención de Riesgos Laborales.**
- **Real Decreto 53/1992, del 24 de enero de 1992, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría de Gobierno (BOE 12-02-92), por el que se aprueba el Reglamento de protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes.**

- **Real Decreto 1849/2000, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las máquinas.**
- **Real Decreto 1627/97 del 24 de octubre de 1997, del Ministerio de la Presidencia (BOE 26-10-97), por el que se aprueban las Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización de los trabajadores de los equipos de trabajo.**
- **Real Decreto 773/97 del 30 de mayo de 1997, del Ministerio de la Presidencia (BOE 12-06-97 Y BOE 18-07-97), por el que se aprueban las Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.**
- **Real Decreto 664/97 del 12 de mayo de 1997, del Ministerio de la Presidencia (BOE 24-06-97), por el que se aprueba la Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.**
- **Real Decreto 665/97 del 12 de mayo de 1997, del Ministerio de la Presidencia (BOE 24-06-97), por el que se aprueba las Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.**
- **Real Decreto 485/97 del 14 de abril de 1997 del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (BOE 23-04-97), por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de prevención.**
- **Real Decreto 485/97 del 14 de abril de 1997 del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (BOE 31-01-97), por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de prevención.**
- **Orden del 27 de junio de 1997 del Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales (BOE 04-07-97), por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de prevención.**

## **INDUSTRIA:**

- Real Decreto 379/2001, **Reglamento sobre almacenamiento de productos químicos.**
- Real Decreto 379/2001, **ITC MIE-APQ-1 Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.**

## **PROTECCIÓN CIVIL**

- **Ley 2/1985 de protección civil**
- RD 886/1988, **Prevención de accidentes mayores.**
- RD 407/1992, **Norma básica de Protección Civil.**
- RD 2.085/1994, **Directriz básica para la elaboración y homologación de los planes especiales del sector químico.**
- **Guía Técnica: Metodologías para el análisis de riesgos. Visión general.**
- **Guía Técnica: Métodos cualitativos para el análisis de riesgos.**
- **Guía Técnica: Métodos cuantitativos para el análisis de riesgos.**

## **TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS, VARIOS:**

- **Legislación Nacional**
- RD 2.115/1998, de transporte de mercancías por carretera **(TPC)**
- **Legislación Internacional, Varios**
- BOE 16-XII-1998, **Carretera (ADR)**

## **10.- BIBLIOGRAFIA**

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- MARPOL 73/78, CONSOLIDATED EDITION 2002.
- Técnicas de prevención de riesgos laborales. Seguridad e higiene del trabajo. (José María Cortes Díaz). Ed. Tébar. 2004.
- Seguridad en el trabajo. (José Manuel Sánchez Rivero, Nuria Pizarro Garrido, Antonio Enríquez Palomino, Juana María González Barriga) Ed. FC.
- Tratamiento de aguas residuales (Rubens Sette Ramalho, Domingo Jiménez Beltrán, Federico de Lora)
- Tratamiento biológico de las aguas residuales (Eduardo Ronzano, José Luis Dapena)
- Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento vertido y reutilización. (Metcalf & Eddy). Ed. Mc Graw Hill.
- Manual del Ingeniero Químico, Perry. Séptima edición.
- Proceso de diseño y fabricación de recipientes a presión, Proyecto fin de carrera de M<sup>a</sup> del Mar Expósito Grande.
- Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales (Aurelio Hernández Lehmann). 1997.
- Manual de depuración uralita. (Aurelio Hernández Lehmann). Ed. Paraninfo. 1996.

