



Universitat Jaume I

Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals

Grau en Enginyeria Química

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria.

Trabajo Fin de Grado

Autor/a

Grace Simbaña Alvaro

Tutor/a

Ana Gosalbo Nebot

Castellón, Octubre de 2018

ÍNDICE GENERAL

0. RESUMEN

1. MEMORIA

2. ANEXOS

ANEXO N°1 CÁLCULOS

ANEXO N°2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEXO N°3 EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

ANEXO N°4 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

ANEXO N°5 GESTIÓN DE RESIDUOS DE OBRA

ANEXO N°6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

3. PLANOS

4. PLIEGO DE CONDICIONES

5. ESTADO DE MEDICIONES

6. PRESUPUESTO

RESUMEN

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

El presente proyecto desarrollará el diseño del tratamiento secundario de una Estación depuradora de aguas residuales ya existente, que se ha quedado pequeña y obsoleta, debido a la legislación en cuanto a vertido de aguas residuales a cauce público cada vez más restrictiva, razón por la cual se plantea algunas opciones de tratamiento biológico.

La EDAR se ubica en la provincia de Castellón, la cual se encargará de depurar el agua residual urbana de una población de 20.000 habitantes junto con el agua procedente de una planta de fabricación de conservas de alcachofa.

El caudal medio de diseño del tratamiento biológico es de 6.000 m³/d. Dado que la estación depuradora cuenta con el equipo del tratamiento biológico anterior, se va a hacer uso del mismo como balsa de homogeneización.

La instalación constará de un tratamiento primario previo (desbaste, desarenado, desengrasado,...) efectuado en la propia depuradora además de una filtración por microtamices, necesaria para operar en un MBR, que es sensible a un tamaño de sólidos determinado. Posteriormente tendrá lugar la depuración biológica en el biorreactor de membranas.

Finalmente, se valorará la viabilidad económicamente del diseño de tratamiento biológico elegido, de modo que sea lo más económico posible y medioambientalmente más limpio.

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

MEMORIA

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

ÍNDICE MEMORIA

1. OBJETO	5
2. ALCANCE	5
3. ANTECEDENTES	7
3.1 LA INDUSTRIA DE LAS CONSERVAS VEGETALES	7
3.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	8
3.3 ETAPAS DE TRATAMIENTO DE UNA EDAR	9
3.4 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE PROCESOS BIOLÓGICOS	10
3.5 LÍNEA DE AGUA Y FANGOS EN LAS EDAR	11
3.6 PROCESO DE FANGOS ACTIVOS	13
3.6.1 FANGOS ACTIVOS CON NITRIFICACIÓN/DESNITRIFICACIÓN.....	14
3.7 CINÉTICA DEL CRECIMIENTO BACTERIANO	17
4. NORMAS Y REFERENCIAS	19
4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS	19
4.2 BIBLIOGRAFÍA	20
4.3 PÁGINAS WEB	21
4.4 SOFTWARE EMPLEADO	21
4.5 PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD APLICADO DURANTE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO	22
5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	23
5.1 DEFINICIONES	23
5.2 SIGLAS Y ABREVIATURAS	23
6. REQUISITOS DE DISEÑO	27
6.1 CAUDAL DE ENTRADA	27
6.1.1 DOTACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA URBANO.....	27
6.1.2 CAUDAL DE DISEÑO	27
6.2 CARACTERÍSTICAS DEL INFLUENTE A TRATAR	28

6.3 BIODEGRADABILIDAD DEL INFLUENTE	30
6.4 CALIDAD DEL EFLUENTE	30
7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES	31
7.1 FANGOS ACTIVOS CONVENCIONALES	31
7.2 REACTOR BIOLÓGICO DE AIREACIÓN PROLONGADA	33
7.3 BIORREACTOR DE MEMBRANAS (MBR)	35
7.4 SOLUCIÓN ADOPTADA: MBR	37
7.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	37
7.4.1.1 REACTOR BIOLÓGICO	37
7.4.1.2 FILTRACIÓN POR MEMBRANAS.....	38
7.4.2 CONFIGURACIÓN DEL MBR	38
7.4.3 TAMAÑO DE PORO DE LA MEMBRANA	41
7.4.4 MATERIAL DE LAS MEMBRANAS.....	42
7.4.5 MÓDULOS DE LAS MEMBRANAS.....	43
7.4.6 PARÁMETROS DE DISEÑO Y OPERACIÓN	46
7.4.7 ENSUCIAMIENTO DE LAS MEMBRANAS	47
7.4.8 LIMPIEZA DE LAS MEMBRANAS.....	48
8. RESULTADOS FINALES	51
8.1 ADECUACIÓN DEL TERRENO	51
8.1.1 MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS	51
8.1.2 CIMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	51
8.2 OBRA CIVIL	51
8.2.1 NAVE DE SOPLANTES.....	51
8.2.2 REACTOR BIOLÓGICO Y MEMBRANAS.....	52
8.3 SISTEMA DE AIREACIÓN	52
8.4 MEMBRANAS PARA EL MBR	53
8.5 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS	54
8.5.1 CLORURO FÉRRICO	54

8.5.2	HIPOCLORITO DE SODIO.....	55
8.5.3	ÁCIDO CÍTRICO	55
8.5.4	PERMEADO.....	56
8.6	CONDUCCIONES, ACCIDENTES Y BOMBAS.....	56
8.6.1	CONDUCCIONES Y ACCIDENTES.....	56
8.6.2	BOMBAS	59
8.6.3	SOPLANTES	60
9.	PLANIFICACIÓN	61
10.	ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS.....	63
11.	ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	64
11.1	RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	64
11.1.1	PEM.....	64
11.1.2	PEC	65
11.2	PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN.....	65
11.2.1	GASTOS DIRECTOS.....	65
11.2.2	AMORTIZACIONES	67
11.2.3	GASTOS INDIRECTOS.....	69
11.2.4	GASTOS TOTALES.....	70
11.3	BENEFICIO	70
11.3.1	BENEFICIO BRUTO	71
11.3.2	BENEFICIO NETO	72
11.4	FLUJO DE CAJA.....	72
11.5	VALOR ACTUAL NETO	73
11.6	TASA INTERNA DE RENTABILIDAD	75
11.7	PERIODO DE RETORNO	75
11.8	CONCLUSIÓN FINAL	76

1. OBJETO

El objeto del presente proyecto es el estudio, diseño y dimensionamiento del tratamiento secundario de una estación depuradora de aguas residuales (EDAR) para una población de 20.000 habitantes de la Comunidad Valenciana, que pretende ampliarse.

Las aguas a tratar en esta EDAR son de origen urbano e industrial, procedente de una planta de fabricación de conservas de alcachofa.

Para ello se va a analizar algunas alternativas de tratamientos secundarios, aunque sólo se va a estudiar una de ellas, el diseño de un biorreactor de membranas (MBR).

Este diseño estará implementado por un pretratamiento previo, de microtamices y una balsa de homogeneización.

Y como fin último se pretende proyectar un presupuesto de toda la instalación diseñada, para valorar la viabilidad económica de esta y poder así valorar las ventajas y desventajas técnicas, económicas y ambientales del nuevo sistema diseñado teniendo siempre en cuenta que el agua depurada cumpla con la normativa vigente en España.

2. ALCANCE

En el proyecto “*Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria*” se pretenderá sustituir el tratamiento secundario actual de una EDAR localiza en la provincia de Castellón, un reactor biológico de lodos activos convencional, por algunas de las opciones de tratamiento biológico a estudiarse, siendo la opción a implantarse la del biorreactor de membranas, la cual se estudiará a fondo de manera que se pueda sacar el máximo rendimiento de operación con el mínimo coste posible, y al mismo tiempo que sea medioambientalmente limpia.

De este modo, se tratará el agua residual (urbana e industrial) desde la salida del tratamiento primario hasta su distribución a cauce público, la cual está regulada por la normativa vigente en España.

El tratamiento biológico elegido constará de dos líneas de tratamiento de aguas, cada una de ellas depurará la mitad del caudal de entrada, aunque cada línea estará capacitada para depurar más cantidad que la del diseño inicial.

El tratamiento previo al tratamiento secundario, estará integrado por:

- Un sistema de filtración usando microtamices para eliminar los sólidos más pequeños y reducir la carga contaminante del agua, de modo que se garantice el buen funcionamiento del biorreactor de membrana.
- Una balsa de homogeneización, para evitar las variaciones bruscas del caudal de entrada al tratamiento biológico y evitar problemas de olores.

El tratamiento secundario estará compuesto por el biorreactor de membranas, donde tendrá lugar la depuración biológica y la filtración del agua residual, la cual a su salida se verterá directamente a cauce público.

El biorreactor de membranas estará formado por: el reactor biológico (zona aerobia y zona anóxica) y la cámara de membranas.

El tratamiento incluirá:

- Un bombeo del agua residual procedente del tanque de homogeneización hacia la arqueta de reparto de caudal, de manera que cada línea de tratamiento biológico depure la mitad del caudal de entrada.
- Una recirculación de fangos cargados de nitratos desde la zona aerobia del reactor hacia la arqueta de reparto, la cual la distribuirá hacia la zona anóxica.
- Una recirculación del fango desde la zona de membranas hacia la zona aerobia.
- Almacenamiento de los fangos de desecho procedentes de las membranas.
- Una filtración del permeado obtenido y posterior diseño del depósito de almacenamiento del mismo.
- Un sistema de dosificación de los reactivos, hipoclorito de sodio y ácido cítrico, para la limpieza de las membranas y posterior diseño de los tanques de almacenamiento de los mismos.
- Un sistema de dosificación del cloruro férrico, para que precipite químicamente el fósforo del agua residual.
- Diseño de toda la red de tuberías necesario en cada fase del proceso.
- Diseño y búsqueda de los equipos de impulsión necesarios para el tratamiento biológico.

Finalmente, se realizará un estudio de viabilidad económica para analizar la rentabilidad del proyecto.

3. ANTECEDENTES

3.1 LA INDUSTRIA DE LAS CONSERVAS VEGETALES

La generación de aguas residuales en el sector de las conservas vegetales es importante sobre todo en cuanto a su volumen, como consecuencia del elevado consumo de agua. Aproximadamente entre el 70 y el 80 % del consumo de agua se vierte en forma de aguas residuales, siendo uno de los principales puntos de consumo de agua, el lavado de los vegetales a su recepción en la fábrica, que puede suponer hasta un 50% del total, debido a la necesidad de mantener unos exigentes estándares higiénicos y sanitarios.

Casi la totalidad del agua consumida en el sector de las conservas vegetales acaba finalmente como corriente residual, excepto la que se necesita incorporar al producto final como agua de condimento.

Respecto a la carga contaminante de estos vertidos, presentan un alto contenido de carga contaminante en forma de DQO y DBO₅, como consecuencia de la presencia de almidones disueltos con una biodegradabilidad muy alta, haciendo posible que la depuración biológica sea más eficiente, y de sólidos en suspensión, cuya concentración depende de varios factores como: la materia prima, condiciones del producto final obtenido o el sistema de producción entre otros.

Los niveles de contaminación se incrementan significativamente en operaciones como el escaldado y la limpieza de las instalaciones, ya que en el agua se diluyen azúcares, almidones procedentes de las hortalizas.

En vista de este aumento significativo de los niveles de contaminación en las aguas residuales, se recurre a tratamientos de depuración biológica, para ajustar los parámetros a los niveles de vertido exigidos por la ley.

El tipo de tratamiento que más se ajusta a las características de estas aguas residuales es la depuración biológica de fangos activos. Sin embargo, no siempre tiene un funcionamiento adecuado y unos rendimientos satisfactorios.

En este marco se ha realizado el proyecto propuesto, que tiene como objetivo proponer una alternativa de depuración biológica que se adapte mejor a las características del agua vertida a la EDAR, urbana y la del sector de las conservas vegetales.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales están constituidas por una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos y por una elevada cantidad de microorganismos. Debido a la complejidad de la composición se recurre a la utilización de unos parámetros empíricos que permiten conocer la carga contaminante del agua residual.

Estos parámetros se dividen en dos grupos:

Parámetros para la determinación de materia orgánica en el agua:

- **DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno)**

Mide la cantidad de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de degradación de la materia orgánica durante cinco días. Proporcionan información sobre la materia orgánica biodegradable que contiene el agua residual.

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

Mide la cantidad de materia que puede ser oxidada por medios químicos en unas condiciones determinadas.

Parámetros para la determinación de sólidos contenidos en el agua residual:

- **Sólidos totales (ST)**

Es la masa del residuo que queda tras un proceso de evaporación y secado a 105°C. Estos sólidos se encuentran como materia suspendida, disuelta o asentada en el agua residual.

- **Sólidos suspendidos totales (SST)**

Es la cantidad de sólidos presentes en suspensión, que no sedimentan, y separan y se determina mediante la filtración del agua.

- **Sólidos suspendidos volátiles (SSV)**

Son los sólidos en suspensión biodegradables, se determinan tras un proceso de incineración a 500 - 550°C y mide el contenido de biomasa en una muestra de agua.

3.3 ETAPAS DE TRATAMIENTO DE UNA EDAR

En la depuración de aguas residuales se realizan diversos procesos físicos, químicos y biológicos con el fin de eliminar los contaminantes presentes en el agua.

Las aguas residuales urbanas e industriales (sector conservas vegetales) se caracterizan porque se componen principalmente por materia orgánica biodegradable, y su tratamiento se divide en cuatro fases:

1. Pretratamiento: Consiste en la eliminación de los sólidos de gran tamaño, mediante procesos físico.
2. Tratamiento primario: Consiste en la eliminación de materia en suspensión mediante procesos físico-químicos.
3. Tratamiento secundario: Consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, mediante procesos biológicos.
4. Tratamiento terciario: Es un tratamiento específico de acuerdo al uso posterior que tendrá el agua, mediante procesos físicos, químicos o biológicos.

En la Figura M.1 se observan las fases mencionadas junto a los equipos en los que se llevan a cabo.

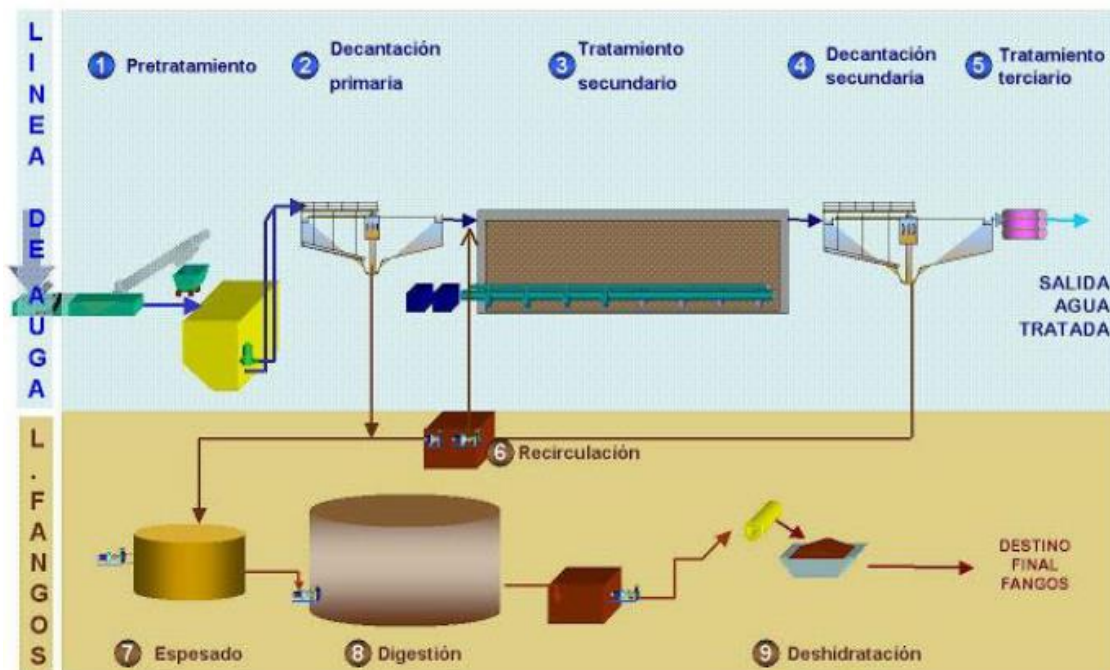


Figura M. 1: Etapas de tratamiento de una EDAR.

3.4 CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE PROCESOS BIOLÓGICOS

Los tratamientos biológicos se pueden clasificar atendiendo a dos criterios: según el tipo de proceso y según el tipo de metabolismo que utilizan los microorganismos para degradar la materia orgánica.

Según el tipo de proceso:

- **Procesos de cultivo en suspensión**

En este tipo de proceso, los microorganismos que degradarán la materia orgánica, se mantienen en suspensión dentro del líquido. Según el tipo de instalación usada, los más utilizados en estaciones depuradoras son: lagunas aireadas y lagunas de estabilización, proceso de fangos activos y digestor anaerobio.

Las lagunas aireadas y las facultativas son instalaciones de bajo coste y de ingeniería sencilla, pero mucho menos eficaces que el proceso de fangos activos y la digestión anaerobia de los lodos.

- **Procesos de cultivo fijo**

En estos procesos, los microorganismos están fijos a un medio inerte, como por ejemplo, plásticos diseñados especialmente para cumplir con esta función.

Es el caso por ejemplo de la depuración mediante biodiscos: Es un sistema formado por un árbol en el cual se insertan discos de propileno. Este árbol gira muy lentamente, haciendo que los discos se vayan sumergiendo parcialmente en una cuba por donde circula el agua residual que se quiere depurar.

El contacto entre el agua residual y los discos, favorece que se forme flora bacteriana sobre ellos, y esta, al ir sumergiéndose alternativamente en el agua, va recogiendo la materia orgánica que necesita para su desarrollo y nutrición, para luego ponerse en contacto con el aire.

Una vez que la capa de flora bacteriana agota su ciclo vital, se separa de manera autónoma de la superficie de los discos en forma de flóculos que son fácilmente sedimentables.

Según el tipo de metabolismo de los microorganismos:

- **Procesos aerobios**

Son procesos que se dan en presencia de oxígeno (entre 1,5-2,0 mg O₂/l), ya que los microorganismos que actúan en la conversión lo necesitan para su metabolismo. El más común en la depuración de aguas residuales es el proceso de fangos activos.

- **Procesos anaerobios**

Son procesos que se dan en ausencia de oxígeno (con valores muy por debajo de 0,1 mg O₂/l). Este tipo de microorganismos no necesitan oxígeno para su metabolismo. Un ejemplo de este tipo de procesos es la digestión anaerobia de fangos.

- **Procesos anóxicos**

En este proceso, los microorganismos que actúan en la conversión de la materia orgánica metabolizan el nitrógeno de los nitratos en nitrógeno gas, en ausencia de oxígeno.

3.5 LÍNEA DE AGUA Y FANGOS EN LAS EDAR

Dentro del esquema general básico de funcionamiento de una EDAR, se distinguen dos líneas: **línea de aguas** y **línea de fangos**.

LÍNEA DE AGUAS

En la línea de aguas, el agua residual se somete a una serie de procesos físico-químicos y biológicos para reducir la carga contaminante. Para el diseño de esta línea de tratamiento se ha de tener en cuenta la carga contaminante del agua a tratar (composición y cantidad) y las cantidad de contaminación que se debe eliminar.

Se distinguen las siguientes fases en el tratamiento de la línea de aguas:

- **Pretratamiento**

Está formado por equipos dinámicos y estáticos mediante los cuales se elimina toda la materia (flotante, arenas, gravas, grasas...) que pueda originar problemas en los tratamientos posteriores. En el pretratamiento encontramos el desbaste, tamizado, desarenado y desengrasado.

- **Tratamiento primario**

Separa por medios físico-químico las partículas en suspensión que no hayan sido retenidas durante la fase de pretratamiento. Durante esta fase la eliminación de materia orgánica es

poco efectiva. Los procesos habituales de este tratamiento son: sedimentación primaria, flotación, coagulación-floculación, neutralización y homogenización.

- **Tratamiento secundario**

Durante esta fase se reduce la contaminación orgánica y los nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo, presente en el agua por la acción de microorganismos que la transforman en sólidos sedimentables que pueden ser fácilmente separados.

- **Tratamiento terciario**

En esta fase se realizan algunos tratamientos que complementan la eliminación de materia en suspensión, así como reducir otros contaminantes como nutrientes y metales que no pueden ser eliminados por los tratamientos biológicos convencionales.

LÍNEA DE FANGOS

Uno de los subproductos generados en la depuración de agua es el llamado fango, en el cual se concentra toda la contaminación eliminada del agua y cuyo tratamiento y eliminación puede llegar a ser complicado.

El fango se produce principalmente en el tratamiento primario y en el secundario. Estos fangos producidos tienen las siguientes características:

- Poseen una gran cantidad de agua, entorno al 95-99%, por lo que ocupan un gran volumen.
- Poseen una gran cantidad de materia orgánica, lo que puede generar malos olores por su rápida descomposición.
- Contienen una gran cantidad de organismos patógenos, por lo que pueden ser causantes de numerosas enfermedades.

En el tratamiento de estos fangos deben darse tres fases para reducir al máximo los problemas mencionados. Las fases son:

- **Espesamiento**

El objetivo de este proceso es la reducción del agua presente en los fangos, para evitar el manejo de grandes volúmenes. Lo que también reduce el tamaño de los tanques que contendrán el fango posteriormente, también reduce la cantidad de calor necesaria para la digestión anaerobia, con lo que se ahorra dinero y energía.

- **Digestión de la materia orgánica**

Este proceso sirve para evitar problemas de fermentación y putrefacción de la materia orgánica. Los procesos de estabilización o digestión de fangos más comunes son: digestión aerobia, digestión anaerobia, estabilización por cal y compostaje.

- **Deshidratación**

Consiste en la eliminación de la mayor cantidad de agua posible, mediante un medio físico, de manera que los fangos resulten manejables y transportables.

Estos fangos se generan de forma continua, y su eliminación supone un importante problema. Existen varias alternativas, descargar los fangos en un vertedero, lo que tiene como objetivo simplemente la eliminación del subproducto; mientras que si se usan con fines agrícolas se busca su reutilización. Otras alternativas como la incineración, puede entenderse en ambos sentidos, dependiendo de su diseño, si hay recuperación energética o no.

3.6 PROCESO DE FANGOS ACTIVOS

La depuración biológica por fangos activos es un tipo de proceso biológico empleado en el tratamiento de aguas residuales convencionales que consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculos en un reactor biológico aireado y agitado, que es alimentado con el agua residual. La aireación implica que es un proceso aerobio, suministrando así el oxígeno necesario para que los microorganismos realicen sus funciones. Además la aireación favorece una buena mezcla en el reactor que evita sedimentos y homogeniza la mezcla de los flóculos bacterianos con el agua residual.

Las bacterias son capaces de metabolizar como nutrientes los contaminantes orgánicos presentes en el agua. Los procesos que aquí se producen son exactamente los mismos que en los ríos o lagos naturales, pero en los tanques de aireación, los organismos se agrupan en un espacio reducido y en gran número, lo que favorece estas transformaciones metabólicas.

Al cabo de un tiempo determinado, tiempo de residencia, la mezcla de reacción se conduce hasta un tanque de sedimentación para la separación del agua residual tratada y la biomasa generada. Una parte de las células sedimentadas se recirculan para mantener en el reactor la concentración de células deseada, mientras que otra parte puede purgarse del sistema. De este modo, el reactor puede funcionar en estado estacionario. Sin la corriente de purga, la biomasa se iría acumulando indefinidamente en el sistema, ya que la biomasa en la corriente de salida sería inferior a la que se genera en el reactor.

El correcto diseño del reactor, requiere no sólo asumir que tipo de mezcla ocurre dentro de este, sino también conocer la cinética de crecimiento microbiano tipo Monod y que prácticamente todo el consumo de sustrato (materia orgánica), se invierte en formar biomasa son aproximaciones aceptables. Como existen multitud de microorganismos y sustratos diferentes, el modelo cinético presenta valores promedio.

3.6.1 FANGOS ACTIVOS CON NITRIFICACIÓN/DESNITRIFICACIÓN

En el caso de los procesos de fangos activos con nitrificación/desnitrificación, tiene lugar la degradación de la materia orgánica y de los nutrientes (nitrógeno y fósforo).

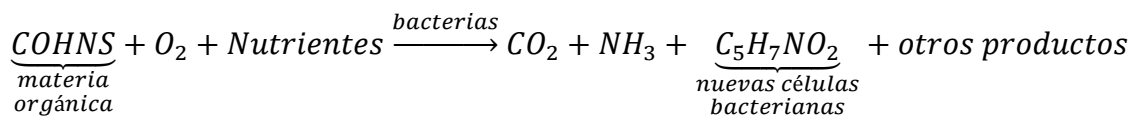
- **DEGRADACION DE LA MATERIA ORGÁNICA**

La degradación de la materia orgánica tiene lugar por acción de los microorganismos, los cuales son capaces de degradar compuestos orgánicos del agua residual a agua y dióxido de carbono en presencia de oxígeno. Para que el proceso de eliminación de la materia orgánica ocurra satisfactoriamente, se requiere constante mezcla y aireación del biorreactor, y allí radica la importancia del equipo mezclador/aireador.

Para que tenga lugar la eliminación de la materia orgánica se tiene que producir las reacciones de oxidación y síntesis y respiración endógena, que se muestran a continuación.

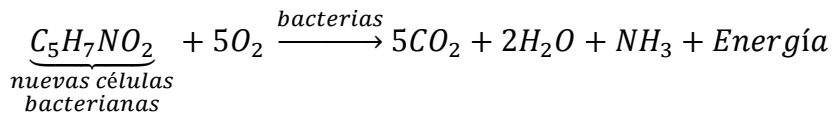
Oxidación y síntesis:

Consiste en la incorporación del alimento (materia orgánica y nutrientes) al interior de los microorganismos (bacterias). Las bacterias al obtener suficiente alimento no engordan, sino que forman nuevos microorganismos reproduciéndose rápidamente. Parte del alimento es utilizado como fuente de energía. La reacción que ocurre es la siguiente:



Respiración endógena:

Las bacterias necesitan energía para poder realizar sus funciones vitales (movimiento, reproducción, etc.), la cual la obtienen transformando la materia orgánica asimilada y aquella acumulada en forma de sustancias de reserva en gases, agua y nuevos productos de acuerdo con la siguiente reacción:



El proceso de oxidación de la materia orgánica ocurre a la vez que la eliminación de nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo, pero lo realizan bacterias diferentes.

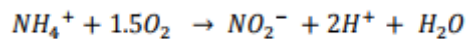
- ELIMINACIÓN DE COMPUESTOS NITROGENADOS

El proceso de nitrificación

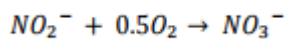
Es el primer paso para la eliminación del nitrógeno por el proceso de nitrificación-desnitrificación. Se realiza mediante la acción oxidante de las bacterias nitrosomas y nitrobacter, que se reproducen lentamente y son muy sensibles a los cambios de su medio habitual, por lo que se requiere unas condiciones mínimas para su desarrollo: pH medio o ligeramente básico y un nivel de oxígeno de al menos 2 mg/l.

En este proceso tiene lugar la conversión del amonio a nitrito, realizado por las bacterias nitrosomas, luego las bacterias nitrobacter transforman los nitritos en nitratos. Este proceso de nitrificación se puede resumir en las siguientes expresiones:

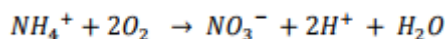
Etapa 1: amonio-nitrito,



Etapa 2: nitrito-nitrato



Reacción global de oxidación del amonio:



En cada una de estas etapas se produce energía que es utilizada por los microorganismos para el crecimiento y mantenimiento celular.

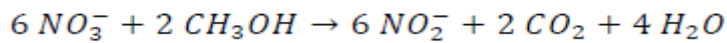
El proceso de desnitrificación

Es la última etapa de eliminación del nitrógeno, en la que los nitratos son convertidos a nitrógeno en forma gaseosa (N₂). Esta reacción ocurre en condiciones anóxicas, por lo que se debe detener la aireación para que ocurra. Al disminuir la concentración de oxígeno disuelto, las bacterias desnitrificantes (microorganismos facultativos heterótrofos) comienzan a utilizar el nitrato como fuente de oxígeno para oxidar la materia orgánica. Las condiciones para que se lleve a cabo la desnitrificación son: presencia de gran cantidad de

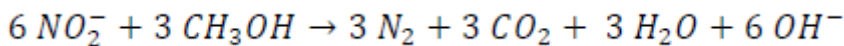
materia orgánica, concentración de oxígeno por debajo de 0,2 mg/l, pH situado entre 7 y 8 y la presencia de nitratos elevada

La reacción completa de desnitrificación se resume en las siguientes ecuaciones, utilizando metanol como materia orgánica:

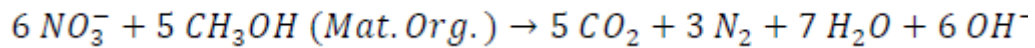
Etapla 1:



Etapla 2:



Reacción global:



- ELIMINACIÓN DE FÓSFORO

Dado que el fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de algas y otros organismos acuáticos, el vertido de efluentes con un exceso de fósforo presenta graves problemas para el medio acuático, razón por la cual se procede a su eliminación parcial de las aguas residuales.

Entre el 10% y 30% del fósforo presente en las aguas residuales se elimina durante el tratamiento secundario, pero si la cantidad de fósforo en el agua residual a tratar es demasiado alto, se procede a utilizar métodos químicos, como por ejemplo dosificar cloruro férrico, que reacciona con el fósforo produciendo lodo químico (PO_4^{3-}), como se muestra en la siguiente expresión:



Es importante tomar en cuenta que la producción de lodo biológico (activado) debe ser mayor que la de lodo químico, ya que este último es inerte, no cumple ninguna función en el reactor y entorpece la del biológico.

3.7 CINÉTICA DEL CRECIMIENTO BACTERIANO

Para tener un control efectivo del tratamiento biológico que se realiza al agua residual en el reactor, es necesario conocer cómo crecen los microorganismos que realizan la depuración, que principalmente son bacterias.

El modelo de crecimiento más utilizado, basado en la evolución del número de células, tiene cuatro etapas, aunque el tiempo de duración de cada una de las etapas puede variar según el tipo de microorganismo, la familia a la cual éste pertenezca, entre otras características.

En el modelo puede distinguirse cuatro etapas, representadas en la figura M.2.

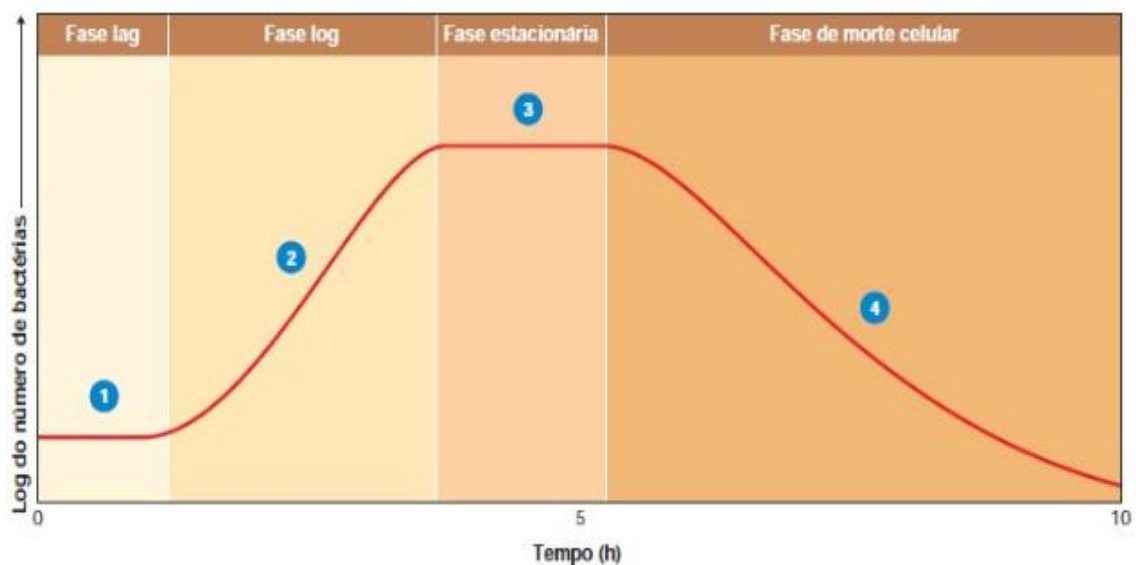


Figura M. 2: Curva de crecimiento bacteriano.

1. **Etapa lag o de retardo:** Representa el tiempo necesario para que las células se adapten al medio.
2. **Etapa de crecimiento exponencial o logarítmico:** Las células se dividen a la máxima velocidad que les permiten sus propias características y el medio donde crecen. El crecimiento celular es proporcional a la concentración de células.
3. **Etapa estacionaria:** La población celular permanece constante. El crecimiento está limitado por la disponibilidad de los nutrientes. La generación de células nuevas se compensa con la muerte de células viejas.
4. **Etapa de muerte exponencial:** Cuando los nutrientes en el medio se agotan, la tasa de mortalidad excede a la de generación de células nuevas.

En nuestro caso se diseñan nuevos equipos del tratamiento secundario para reacondicionar una EDAR, para tratar la carga contaminante que recibe la planta tras la instalación de una nueva industria de conservas de alcachofa en la población.

La EDAR se encargará de depurar el agua procedente de una población de 20.000 habitantes y del agua procedente de la planta de fabricación de conservas de alcachofa, que será un 20% del caudal urbano, siendo el caudal total de agua a depurar de 6.000 m³/d.

Para llevar a cabo el diseño del tratamiento secundario, se buscarán algunas alternativas acerca de los posibles tratamientos que pueden adaptarse a la EDAR a estudiar.

El proceso de depuración del agua comenzará con una etapa de pretratamiento (desbaste, tamizado, desarenado, desengrasado, homogeneización) y a un tratamiento primario o físico-químico antes de pasar al tratamiento biológico. El agua pasará a través de un microtamiz y una balsa de laminación, para evitar las variaciones bruscas del caudal de entrada al tratamiento biológico y evitar problemas de olores y finalmente el agua pasará al tratamiento biológico, el cual permitirá obtener una agua depurada que cumpla con la legislación en cuanto a vertidos en zonas sensibles (REAL DECRETO 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre), por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

4. NORMAS Y REFERENCIAS

4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

- REAL DECRETO-LEY 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- REAL DECRETO 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-/Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- REAL DECRETO 2116/1998, de 2 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- LEY 2/1992, de 26 de marzo, del Gobierno Valenciano, de saneamiento de las aguas residuales de la Comunidad Valenciana. 1 (DOCV núm. 1761 de 08.04.1992)
- Decreto 170/1992 de 16 de octubre, del Gobierno Valenciano, por el que aprueba el Estatuto de la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana. (DOCV núm. 1889 de 26.10.1992)
- Decreto 9/1993, de 25 de enero, del Gobierno Valenciano, por el que aprueba el Reglamento sobre Financiación de la Explotación de las Instalaciones de Saneamiento y Depuración. (DOCV núm. 1955 de 02.02.1993)
- Orden de 1 de abril de 1993 del Conseller de Obras Públiques, Urbanisme i Transports, por la que se establecen las relaciones entre la Conselleria y la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana, para la realización de sistemas públicos de saneamiento y depuración. (DOCV núm. 2.001 de 08.04.1993)
- Orden de 9 de noviembre de 1999, del conseller de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, por la que se establecen las relaciones entre la Conselleria y la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana, para la realización de obras de infraestructuras de abastecimiento de agua. (DOCV núm. 3.633 de 25.11.1999)
- ORDEN MAM/1873/2004, de 2 de junio, por la que se aprueban los modelos oficiales para la declaración de vertido y se desarrollan determinados aspectos relativos a la autorización de vertido y liquidación del canon de control de vertidos

- regulados en el Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, de reforma del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- ORDEN MAM/985/2006, de 23 de marzo, por la que se desarrolla el régimen jurídico de las entidades colaboradoras de la administración hidráulica en materia de control y vigilancia de calidad de las aguas y de gestión de los vertidos al dominio público hidráulico.
 - ORDEN MAM/85/2008, de 16 de enero, por la que se establecen los criterios técnicos para la valoración de los daños al dominio público hidráulico y las normas sobre toma de muestras y análisis de vertidos de aguas residuales.
 - Decreto 111/2017 de 28 de julio, del Consell, de modificación del Decreto 170/1992 de 16 de octubre, del Consell, por el que se aprueba el Estatuto de la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunitat Valenciana

4.2 BIBLIOGRAFÍA

- JUDD, S. JUDD, C. The MBR book. Butterworth-Heinemann, November 2011.
- DEUNG PARK, H. IN-SOUNG, C. KWANG-JIN, L. Principles of Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment. CRC Press, 2015.
- METCALF & EDDY, INC. Wastewater Engineering. Treatment and Reuse. Mc Graw Hill, New York 2004.
- METCALF & EDDY, INC. Tratamiento, vertido y reutilización. Mc Graw Hill/Interamericana de España, Madrid 1995.
- HERNÁNDEZ LEHMANN, A. Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales. Colegio de ingenieros, canales y puertos, Abril 2000.
- FERRER POLO, J. SECO TORRECILLAS, A. Tratamientos biológicos de aguas residuales. Editorial UPV, Valencia 2003.
- HERNÁNDEZ MUÑOZ, A. HERNÁNDEZ LEHMANN, A. GALÁN MARTÍNEZ, P. Manual de depuración Uralita. Sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20.000 habitantes. Thomson editores Spain paraninfo, 2000.
- Apuntes académicos asignatura EQ1019: Mecánica de fluidos. Grado en Ingeniería Química por la Universitat Jaume I.

- RODRIGO CARBONELL, M^aJOSÉ. “Operaciones básicas de flujo de fluidos”. Publicaciones de la Universitat Jaume I N°158.
- MONFORT GIMENO, ELISEO. “Tecnología del medio ambiente”. Publicaciones de la Universidad Jaume I N° 372.
- Apuntes académicos asignatura EQ1031: “Proyectos en ingeniería”. Grado en Ingeniería Química por la Universitat Jaume I.
- Texas Commission on Environmental Quality. Chapter 217-Design Criteria for Domestic Wastewater System. Subchapter F: Activated Sludge Systems. Membrane Bioreactor Systems.
- Pre-draft MBR Standards. Proposed design standards.

4.3 PÁGINAS WEB

- <https://www.thembrsite.com/>
- <https://docplayer.es/37806570-Tratamiento-de-aguas-residuales-mediante-un-sistema-de-percolacion-hibrido.html>
- <https://www.aguasresiduales.info/revista/legislacion?pagina=2>
- <https://www.suezwatertechnologies.com/products/membrane-bioreactor-mbr>
- <http://es.grundfos.com/>
- <http://www.aiqsa.com/>
- <https://www.ksb.com/ksb-es/>
- <https://www.bombasboyser.com/>

4.4 SOFTWARE EMPLEADO

En la redacción de este proyecto se ha hecho uso de diversos software informáticos, a continuación se detallan:

- Microsoft Word 2013
- Microsoft Excel 2013
- Autocad 2016

4.5 PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD APLICADO DURANTE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO.

Todos los materiales que se empleen en todas las obras deberán cumplir las condiciones que se establecen en el anexo de este proyecto. Cualquier trabajo que se realice con materiales no ensayados, será considerado como defectuoso, o incluso, rechazable.

Se establecerá a pie de obra el almacenaje o ensilado de los materiales, con la suficiente capacidad y disposición conveniente para que pueda asegurarse el control de calidad de los mismos, con el tiempo necesario para que sean conocidos los resultados de los ensayos antes de su empleo en obra y de tal modo protegidos que se asegure el mantenimiento de sus características y aptitudes para su empleo en obra.

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

5.1 DEFINICIONES

- *Tiempo de retención celular (SRT) o edad del fango*: Representa la relación, expresada en días, entre la masa de fangos existe en el reactor biológico y la masa de fangos purgados.
- *Tiempo de retención hidráulica (TRH)*: Parámetro que mide la relación en horas entre el caudal de agua residual a tratar y el volumen del reactor biológico.

5.2 SIGLAS Y ABREVIATURAS

- Q_m : Caudal medio (m^3/d)
- Q_{min} : Caudal mínimo (m^3/d)
- Q_{max} : Caudal máximo (m^3/d)
- Q_p : Caudal punta (m^3/d)
- Q_{urbano} : Caudal medio urbano (m^3/d)
- $Q_{industrial}$: Caudal medio industrial (m^3/d)
- A_m : Área de las membranas (m^2)
- J_{net}^* : Flujo neto, $L/m^2 \cdot h$ (LMH)
- $V_{m,min}$: Volumen mínimo del tanque de membrana (m^3)
- ϕ_{tank} : Densidad de empaquetamiento de la membrana, m^2/m^3)
- μ_n : Velocidad específica de crecimiento de las bacterias nitrificantes ($gVSS/(gVSS \cdot d)$)
- $\mu_{n,m}$: Velocidad específica máxima de crecimiento de las bacterias nitrificantes, ($gVSS/(gVSS \cdot d)$)
- N_e : Concentración de nitrógeno total en el efluente (mg/L)
- DO: Oxígeno disuelto (mg/L)
- K_0 : Coeficiente de saturación media del oxígeno disuelto.
- $k_{e,n}$: Coeficiente de mortandad de las bacterias nitrificantes o coeficiente de degradación endógena, ($gVSS/(gVSS \cdot d)$)
- K_n : Coeficiente de saturación medio para la nitrificación ($g NH_4-N/m^3$)
- $\theta_{x,aer}$: Tiempo de retención de sólidos o edad del fango aeróbico (d)
- SF: Factor de seguridad.
- S_e : DBO₅ del efluente o concentración limitante del sustrato en el efluente (g/m^3)

- K_S : Coeficiente de saturación ($\text{g bCOD}/\text{m}^3$)
- k_e : Coeficiente de mortandad, ($\text{gVSS}/(\text{gVSS}\cdot \text{d})$)
- μ_m : Velocidad de crecimiento específico heterotrófico máximo ($\text{gVSS}/(\text{gVSS}\cdot \text{d})$)
- $M_{x,bio}$: Rendimiento o producción de la biomasa o del fango ($\text{g VSS}/\text{d}$)
- Y : Coeficiente de crecimiento, ($\text{g VSS}/\text{g bCOD}$).
- S : DBO_5 del influente o concentración del sustrato en el influente (g/m^3)
- f_d : Fracción de biomasa que permanece como células debridas
- Y_n : Coeficiente de rendimiento del lodo de nitrificación ($\text{g VSS}/\text{g NH}_4\text{-N}$)
- NO_x : Concentración de TKN (nitrógeno total kjeldahl) oxidable a nitrato (g/m^3)
- TKN_{inf} : Concentración de TKN en el influente (g/m^3)
- $M_{x,TSS}$: Rendimiento total del fango (g MLSS (sólidos suspendidos del licor mezcla)/ d)
- $nbVSS$: Sólidos suspendidos volátiles no biodegradables en el influente (g/m^3)
- $iTSS$: Sólidos suspendidos totales inertes en el influente (g/m^3)
- TSS : Sólidos en suspensión totales (g/m^3)
- VSS : Sólidos en suspensión volátiles (g/m^3)
- $bpCOD$: DQO particulada biodegradable (g/m^3)
- $pCOD$: DQO total particulada (g/m^3)
- $f_{b,p}$: Fracción de DQO lentamente biodegradable
- $f_{u,p}$: Fracción de DQO particulada no biodegradable.
- X_{aer} : Concentración de sólidos en suspensión del licor mezcla en la zona aerobia (g/m^3)
- X_m : Concentración de sólidos en suspensión del licor mezcla en el tanque de membranas (g/m^3)
- r_{mr} : Relación de recirculación de la membrana.
- V_{aer} : Volumen del tanque aerobio (m^3)
- HRT_{aer} : Tiempo de retención hidráulico de la zona aerobia (h)
- Q_W : Caudal de fango en exceso (g/m^3)
- r_{int} : Relación de recirculación de los nitratos
- NO_e : Concentración de nitratos deseado en el efluente (g/m^3)
- $X_{b,anox}$: Concentración de biomasa activa en la zona anóxica (g/m^3)
- $\text{NO} - \text{loading}$: Carga de nitrato en la zona anóxica (g/d)

- HRT_{anox} : Tiempo de retención hidráulica en la zona anóxica (h)
- V_{anox} : Volumen del tanque anóxico (m^3)
- $\frac{F}{M_b}$: Relación entre la concentración de alimento y la biomasa activa (microorganismos) en la zona anóxica o también llamada carga másica ($g\ DBO_5/g\ TSS \cdot d$)
- Fracción de rbCOD: Fracción de DQO rápidamente biodegradable.
- rbCOD: Concentración de DQO rápidamente biodegradable (g/m^3)
- bCOD: Concentración de DQO biodegradable (g/m^3)
- NO_r : Capacidad de desnitrificación (g/d)
- SDNR: Velocidad de desnitrificación específica ($g\ NO_3-N/g\ VSS$)
- $V_{process}$: Volumen total del proceso biológico (m^3)
- X_{anox} : Concentración de los sólidos en suspensión del licor mezcla en la zona anóxica (g/m^3)
- $\theta_{x,process}$: Tiempo de retención de sólidos o edad del fango total del proceso biológico (d)
- $HRT_{process}$: Tiempo de retención hidráulica total del proceso biológico (h)
- M_O : Oxígeno total requerido para el tratamiento biológico (kg/d)
- $Q_{A,m}$: Caudal de aire en el tanque de membrana (Nm^3/h)
- SAD_m : Demanda de aireación específica con respecto al área de la membrana ($Nm^3/(m^2h)$)
- M_m : Oxígeno transferido por la aireación de la membrana (kg/d)
- ρ_A : Densidad del aire a la temperatura de operación (kg/m^3)
- $SOTE_{coarse}$: Eficiencia de transferencia de oxígeno estándar en el aireador de burbuja gruesa ($\%/m$)
- y_{coarse} : Profundidad del aireador de burbuja gruesa (m)
- $O_{A,m}$: Porcentaje en masa del oxígeno en el aire (%)
- α_{coarse} : Factor de corrección de los sólidos suspendidos
- β : Factor de corrección de la salinidad.
- Φ : Factor de corrección de la temperatura
- ω_x : Factor ω para la aireación de burbuja fina y gruesa
- T: Temperatura de operación ($^{\circ}C$)

- $Q_{A,b}$: Flujo de aire neto para los requerimientos biológicos (Nm^3/h)
- $SOTE_{fine}$: Eficiencia de transferencia de oxígeno estándar en el aireador de burbuja fina ($\%/m$)
- y_{fine} : Profundidad del aireador de burbuja fina (m)
- M_b : Oxígeno requerido por la aireación biológica (kg/d)
- $SOTE_{pw}$: Eficiencia de transferencia de oxígeno estándar del agua residual.
- $SOTE_{cw}$: Eficiencia de transferencia de oxígeno estándar del agua limpia.
- αF : Factor alfa y factor de ensuciamiento.
- τ : Factor de corrección de la variación de la concentración de saturación de oxígeno en el agua con la temperatura.
- Ω : Factor altitud del terreno.
- $C_{\infty,20}^*$: Concentración de saturación de oxígeno disuelto en el agua potable a 20 °C (mg/l)
- C : Concentración de oxígeno disuelto en el medio acuoso.
- Q_{aire} : Caudal total de aire inyectado por los difusores (Nm^3/h)
- Demanda: Demanda de oxígeno para el tratamiento biológico, que es equivalente a M_0 (kg O_2/h)
- J_R : Flujo de retrolavado ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)
- J_P : Flujo de permeado ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)
- Q_R : Caudal de retrolavado (m^3/d)
- A_F : Área de filtración de las membranas (m^2)
- V_{TP} : Volumen del depósito de permeado (m^3)
- Q_P : Caudal de permeado obtenido (m^3/d)
- t_F : Tiempo que las membranas están filtrando (d)
- Q_{NaOCl} : Caudal de hipoclorito de sodio a dosificar en la limpieza química (m^3/d)
- $Q_{\text{Ácido cítrico}}$: Caudal de ácido cítrico a dosificar en la limpieza química (m^3/d)
- Q_{FeCl_3} : Caudal de cloruro férrico a dosificar en la limpieza química (m^3/d)

6. REQUISITOS DE DISEÑO

En este proyecto se realiza el diseño correspondiente al tratamiento secundario de una depuradora de aguas residuales localizada en un municipio de la provincia de Castellón. Se diseña el biorreactor de membranas, constituido por la zona anóxica, aerobia y las membranas de filtración, el equipo de permeado y limpieza de las mismas, así como el equipo de aireación necesario para conseguir una depuración óptima.

Para realizar el diseño y el dimensionamiento se ha asumido los datos y las bases proporcionadas en la bibliografía consultada.

6.1 CAUDAL DE ENTRADA

6.1.1 DOTACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA URBANO

El consumo de agua por parte de una población suele ser un dato conocido para los municipios o las empresas que suministran agua, pero dado que no se conoce este dato se procede a estimarlo, haciendo uso de la bibliografía.

Se estima el consumo de agua urbana total teniendo en cuenta que el diseño se hará para una población de 20.000 habitantes equivalentes, cuyos valores se reflejan en la Tabla M.1.

Tabla M. 1: Consumo de agua por habitante equivalente.

Población en nº de habitantes	Consumos urbanos en l/hab/día, según usos				
	Doméstico	Industrias de la ciudad	Servicios Municipales	Fugas de redes y varios	TOTAL
12.000 a 50.000	110	70	35	25	250

6.1.2 CAUDAL DE DISEÑO

A lo largo del día, entra a la EDAR distintos tipos de caudales de agua residual (mínimo, máximo, punta, etc.), pero dado que la planta cuenta con una balsa de homogeneización (antiguo reactor biológico), que amortigua las variaciones de caudal que entra al tratamiento secundario, se utilizara únicamente para el diseño el caudal medio.

Dado que la dotación de agua urbana es de 250 l/hab/d se calcula el caudal urbano y el industrial procedente de la industria de conservas de alcachofas, teniendo en cuenta que es un 20% del caudal de agua urbana.

En la tabla M.2 se detalla los caudales de entrada a la estación depuradora.

Tabla M. 2: Caudales de entrada a la EDAR.

Caudal de agua urbana (m³/d)	5.000
Caudal de agua industrial (m³/d)	1.000
Caudal medio de agua a la entrada de la EDAR (m³/d)	6.000

6.2 CARACTERISTICAS DEL INFLUENTE A TRATAR

El objetivo de toda Estación depuradora de aguas residuales es cumplir con los valores límites marcados por la legislación, los cuales no deben superarse. Para ello, es necesario conocer el grado de contaminación del influente que se va a tratar.

En la tabla M.3 se puede ver detalladamente la contaminación de las aguas urbanas e industriales.

Tabla M. 3: Contaminación del agua a tratar.

Contaminantes	Contaminación Urbana	Contaminación Industrial
pH	6,9	4,5
DQO (mg/l)	450	3185
DBO ₅ (mg/l)	200	2100
NTK(mg/l)	50	92
P _T (mg/l)	7	16,6
SST (mg/l)	500	478

Con los datos de la tabla anterior y haciendo uso de las expresiones proporcionadas en el punto 1.1 del Anexo N°1, se obtiene la carga contaminante a la entrada de la planta.

Debido a que el presente proyecto está centrado únicamente en el estudio y diseño del tratamiento secundario, no se dispone de datos exactos acerca de los porcentajes de reducción de los diferentes contaminantes presentes en el agua residual en el tratamiento

primario, razón por la cual se extraen dichos datos de la bibliografía utilizada (Metcalf & Eddy Vol. 1 Español pág. 195 y 417).

En la tabla M.4 se detallan los porcentajes de reducción del tratamiento primario de cada contaminante.

Tabla M. 4: Porcentajes de reducción del tratamiento primario.

Contaminantes	% de reducción
pH	6,5-7,5
DQO (g/m ³)	30
DBO ₅ (g/m ³)	30
NTK (g/m ³)	15
P _T (g/m ³)	15
SST (g/m ³)	95 ★
<i>★ Dato habitual de reducción de SST es 55 %, pero al utilizar microtamices el porcentaje de reducción aumenta al 95 %.</i>	

Teniendo en consideración los porcentajes de reducción de los contaminantes presentes en el agua residual, se obtiene la contaminación a la entrada del MBR.

En la tabla M.5 se detalla la carga contaminante del influente que entra a la planta y al MBR.

Tabla M. 5: Carga contaminante del influente.

Contaminantes	Contaminación a la entrada de la planta	Contaminación a la entrada del MBR
pH	5,3	5,3
DQO (mg/l)	905,8	634,1
DBO ₅ (mg/l)	516,7	361,7
NTK(mg/l)	57	48,5
P _T (mg/l)	8,6	7,3
SST (mg/l)	496,3	24,8

6.3 BIODEGRADABILIDAD DEL INFLUENTE

Es una relación entre la DBO_5 y la DQO del agua de entrada a la planta. Indica si el agua residual a tratar se puede depurar por métodos biológicos. Para el caso de diseño actual se obtiene:

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{361,7}{634,1} = 0,57$$

Dado que el valor obtenido es mayor que 0,4, se puede afirmar que el agua residual a tratar es muy biodegradable, por tanto se podrá usar algún método de depuración biológica.

6.4 CALIDAD DEL EFLUENTE

La EDAR a diseñar tiene que cumplir los requisitos medioambientales marcados por el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.

Los límites establecidos por dicho decreto son los mostrados en la tabla M.6.

Tabla M. 6: Parámetros del efluente tratado.

Parámetros	Concentración	Porcentaje mínimo de reducción
DBO_5 (mg/l)	25	70-90%
DQO (mg/l)	125	75%
SST (mg/l)	35	90%
P_T (mg/l)	2	70-80%
N_T (mg/l)	15	80%

7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

El tratamiento de las aguas residuales consta de diversas operaciones unitarias, todas ellas con la finalidad de eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes antes de su vertido, de forma que cumplan con los límites marcados por la legislación.

En este proyecto se pretende sustituir el antiguo tratamiento secundario de la EDAR, fangos activos, por un nuevo tratamiento secundario. Para ello se va a estudiar algunas alternativas, tales como: la aireación prolongada y el biorreactor de membranas (MBR).

Finalmente, la opción elegida se estudiará a fondo para luego hacer una comparativa en cuanto a la calidad del agua tratada y el coste del agua tratada con el otro proyecto propuesto.

A continuación se analiza cada una de las soluciones propuestas para el proyecto, de modo que se pueda descartar la opción que menos se ajuste a nuestras necesidades.

7.1 FANGOS ACTIVOS CONVENCIONALES

El tratamiento actual de la depuradora es el de fangos activos convencionales.

El tratamiento de aguas residuales por fangos activados tiene lugar en un reactor de varias cámaras que hace uso de microorganismos aeróbicos para degradar la materia orgánica del agua residual y para producir un efluente de alta calidad. Para mantener las condiciones aeróbicas y mantener suspendida la biomasa activa, se requiere una fuente de oxígeno constante y programada.

Los microorganismos oxidan el carbono orgánico en las aguas residuales para producir nuevas células, dióxido de carbono y agua. Aunque los microorganismos más comunes son las bacterias aeróbicas, pueden estar presentes bacterias aeróbicas, anaeróbicas y/o nitrificantes junto con otros.

Durante la aireación y el mezclado, las bacterias forman pequeños flóculos. Cuando se detiene la aireación, la mezcla se transfiere a un decantador, donde éstos se asientan y el efluente continúa para tratamientos adicionales o para verter al cauce. La parte del fango que no se desecha se recircula nuevamente al reactor, para mantener una determinada población de bacterias constantes y la parte del fango que se desecha, es enviado a otros procesos para tratarlo.

Este proceso consiste en un tanque de aireación, un decantador secundario y una recirculación del fango, tal como se muestra en la figura M.3.

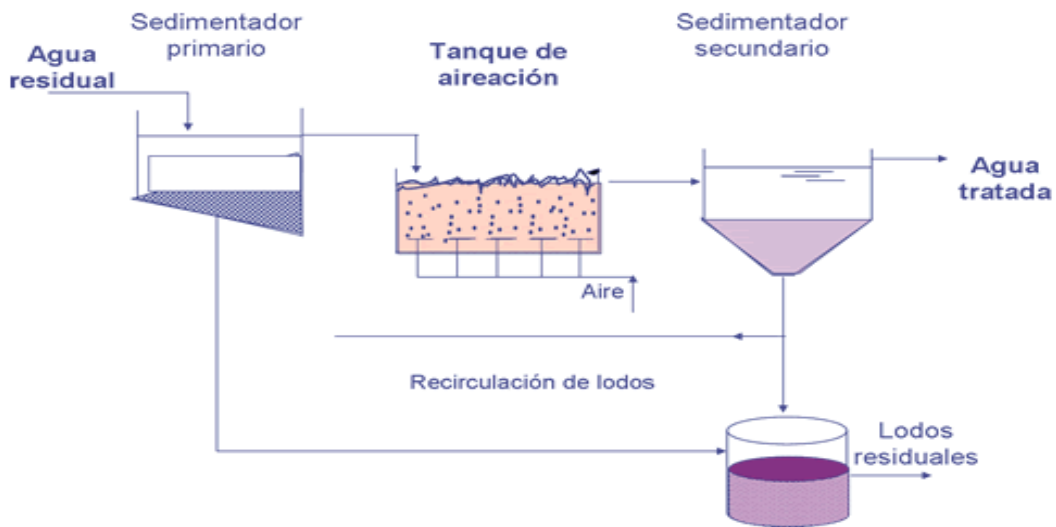


Figura M. 3: Tratamiento secundario de fangos activados.

El proceso de fangos activados de mezcla completa es el más comúnmente utilizado a nivel mundial para tratar aguas residuales de ciudades de población media, además de ser uno de los procesos más estudiados y seguros.

A continuación se puede ver las distintas ventajas y desventajas que ofrece este tratamiento.

VENTAJAS:

- Se puede operar en una variedad de índices de carga orgánica e hidráulica.
- Alta reducción de DBO y patógenos, hasta un 99 %.
- Versatilidad, ya que sus parámetros pueden ser controlados.
- Se consigue una oxidación de las sustancias químicas, tal como la nitrificación.
- Puede conseguirse la reducción de compuestos orgánicos peligrosos.

DESVENTAJAS:

- Es sensible a la oscilación de cargas contaminantes, de caudal y tóxicos.
- El consumo energético es importante.
- Influyen las bajas temperaturas.
- El efluente puede necesitar un tratamiento adicional antes de su descarga.
- Los lodos requieren un tratamiento antes de ser descargados.
- Alto costo de capital y de operación.
- Requieren una fuente constante de electricidad.

7.2 REACTOR BIOLÓGICO DE AIREACIÓN PROLONGADA

La aireación prolongada se enmarca dentro los procesos de fangos activos convencionales en el que disminuye la cantidad de lodo residual, ya que aumenta el tiempo de residencia, así como la edad de fango. Como consecuencia al aumento del tiempo de residencia, el volumen del reactor es mayor que el requerido en el caso del proceso de lodos activos.

Los tipos más comunes para este tipo de proceso son: reactor tipo Orbal, carrusel, CCAS (sistema de aireación a contracorriente), Biolac. No obstante el más utilizado es el tipo carrusel con difusores de burbuja fina y turbinas conductoras de flujo.

En el tratamiento biológico, el agua residual, tras una etapa de pretratamiento (desbaste, desarenado y desengrasado) se introduce en un reactor biológico en el que se mantiene un cultivo bacteriano en suspensión, denominado licor mezcla, y formado por un gran número de microorganismos agrupados en flóculos.

La degradación biológica de la materia orgánica presente en las aguas residuales tiene lugar en el reactor. Se produce de forma aerobia y gracias al empleo de aireadores mecánicos, turbinas o inyectores, o por difusión, que permiten la homogeneización del licor mezcla, evitando así la sedimentación de los flóculos.

Tras permanecer un tiempo en el reactor, las aguas, el licor mezcla, pasan a un decantador o clarificador secundario, cuya función es separar el efluente depurado de los lodos. Parte de estos fangos recirculan de nuevo al reactor con el objetivo de mantener en él una concentración determinada de microorganismos y, el resto, denominados fangos en exceso, se someten periódicamente a un proceso de purgación, tal como se puede ver en la figura M.4.

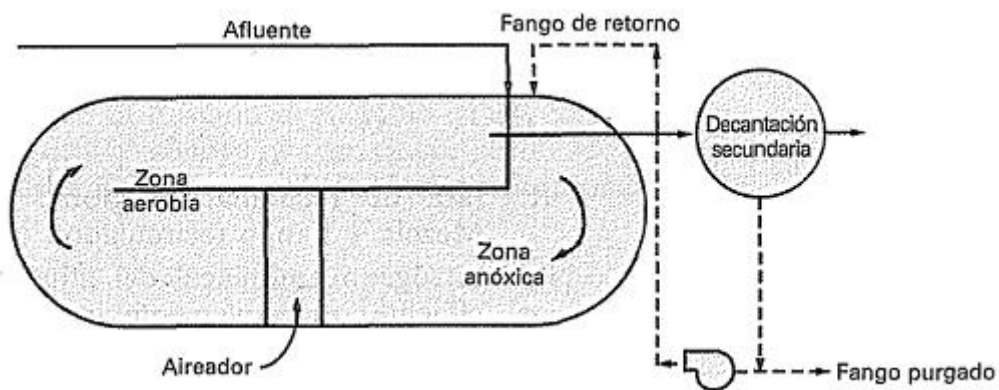


Figura M. 4: Tratamiento secundario por aireación prolongada.

Se distinguen por lo tanto cinco operaciones diferenciadas:

- La oxidación, que se realiza en el reactor biológico por medio de los microorganismos.
- La aireación, que suministra el oxígeno necesario para que se produzcan las reacciones de oxidación realizadas por los citados microorganismos.
- La decantación, donde tiene lugar la separación sólido-líquido.
- La recirculación de lodos, para mantener la concentración de microorganismos en el reactor.
- La extracción de los lodos en exceso.

A continuación se puede ver las distintas ventajas y desventajas que ofrece este tratamiento.

Ventajas:

- Buenos rendimientos de eliminación de sólidos en suspensión y materia orgánica
- Se emplea en comunidades de tamaño pequeño-medio
- Buenas características para la decantación posterior
- Genera lodos estabilizados

Desventajas:

- Tiempos elevados de aireación
- Altos requerimientos de aireación
- Costes elevados de equipo de aireación dado que es necesario agitar y airear al mismo tiempo.
- Elevado consumo energético.
- Costes de mantenimiento elevados.
- En las instalaciones que emplean aireadores de superficie se forman aerosoles que pueden vehicular agentes patógenos.
- En las instalaciones que emplean difusores y compresores de aire se produce contaminación acústica.

7.3 BIORREACTOR DE MEMBRANAS (MBR)

Un biorreactor de membranas se puede describir como la combinación de dos procesos (degradación biológica y separación por membrana), en uno único, donde los sólidos en suspensión y los microorganismos responsables de la biodegradación son separados del agua tratada, mediante la unidad de filtración por membrana. Toda la biomasa queda confinada dentro del sistema. Además proporciona un control perfecto del tiempo de permanencia de los microorganismos en el reactor.

El funcionamiento de los MBR en general se muestra en la figura M.5.

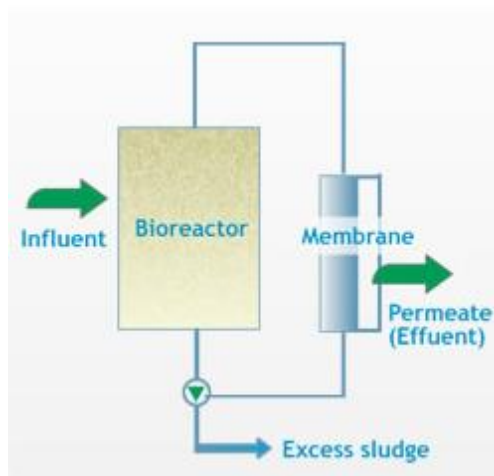


Figura M. 5: Biorreactor de membranas.

El influente se pone en contacto con la biomasa en el biorreactor, dando lugar a la degradación de la materia orgánica y de los nutrientes (nitrógeno y fósforo).

El licor mezclado que entra en el biorreactor atraviesa la zona aerobia y anóxica para la adecuada eliminación de tanto de la materia orgánica como de los nutrientes presentes en el agua.

La mezcla producida se bombea para extraerla del biorreactor y luego, se filtra a través de la membrana. El agua filtrada se extrae del sistema mientras que la biomasa permanece en el reactor. Periódicamente, y con el objetivo de mantener una edad del fango constante, un determinado volumen de fango es extraído del reactor en forma de purgas.

Para el buen funcionamiento del sistema es necesaria la limpieza periódica de la membrana. Esta limpieza se realiza a través del lavado a contracorriente, lavado químico o ambos.

A continuación se puede ver las distintas ventajas y desventajas que ofrece este tipo de tratamiento.

Las ventajas que presenta un MBR en general son:

- Necesidades mínimas de espacio. La eliminación del decantador secundario, reduciendo de este modo el espacio requerido para su instalación.
- Elevada calidad de efluente obtenido, con unos porcentajes de eliminación del 95%, 98% y 99% de DQO, DBO y SS, ya que la filtración por membrana asegura una calidad en el agua tratada independientemente de la decantabilidad del fango.
- Operación del reactor con elevadas concentraciones de sólidos (4-15 g SST/L) lo que hace reducir el espacio e incrementar las cargas volumétricas tratables.
- Mínima producción de fangos.
- El proceso de filtración elimina los microorganismos: hongos, bacterias, algas, amebas y protozoos sin necesidad de añadir reactivos químicos.
- Eliminación de los problemas por bulking y espumas de origen filamentoso.
- Eliminación de los problemas derivados de la sedimentación de lodos deficientes.
- Posibilidad de ampliación de plantas preexistentes sin necesidad de obra civil y gran estabilidad frente a vertidos de alta carga contaminante.

A pesar de todas las ventajas, la aplicación de esta tecnología presenta ciertos inconvenientes:

- Elevados costes de implantación/ explotación, siendo la mayor inversión las membranas.
- Duración de las membranas es muy variable, dependiendo de las características de las aguas residuales y la velocidad de filtración.
- El ensuciamiento de las membranas limita el máximo flujo que se puede obtener debido a la formación de una capa de lodo, coloides y soluto que se acumulan sobre la superficie de la membrana, impidiendo el comportamiento adecuado de ésta.
- Necesidades de limpieza.
- Elevado gasto energético.

El elemento clave de la tecnología MBR es su capacidad de absorber variaciones y fluctuaciones de la carga hidráulica y orgánica del sistema. El control completo de la edad del fango es especialmente importante para permitir el desarrollo de microorganismos de crecimiento lento como las bacterias nitrificantes.

7.4 SOLUCIÓN ADOPTADA: MBR

Una vez analizadas las alternativas de tratamiento secundario para la EDAR, se ha decidido adoptar la opción del biorreactor de membranas, ya que puede operar a concentraciones altas de licor mezcla con una generación de fangos menor y con una reducción en el volumen del reactor.

7.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso del tratamiento secundario se divide en dos etapas:

- Reducción de la materia orgánica y los nutrientes en el reactor biológico.
- Filtración por membranas.

Mediante estos procesos se dotará al agua a depurar de las características necesarias para que el efluente depurado cumpla con la legislación y si fuese necesario pasase a un tratamiento terciario.

En la figura M.6 se representa un diagrama de flujo en el que aparecen todas las etapas de las que se compone el tratamiento secundario diseñado.

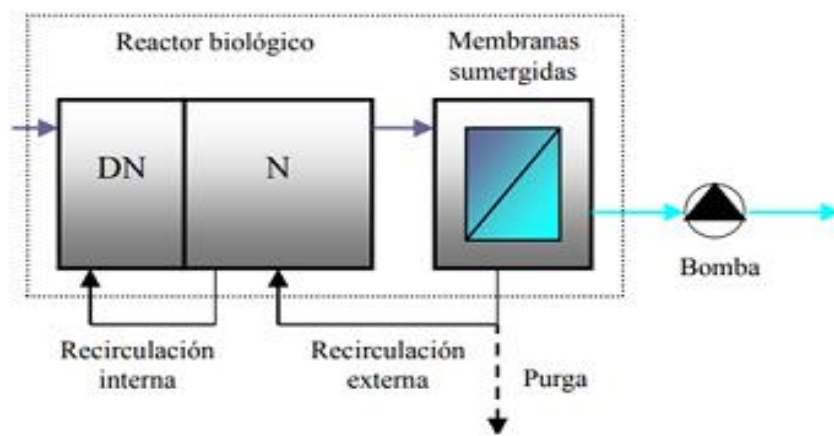


Figura M. 6: Diagrama de bloques del proceso.

7.4.1.1 REACTOR BIOLÓGICO

El reactor biológico diseñado para este proyecto consta de dos zonas:

- La zona anóxica

Es la primera zona a la que entra el agua residual a tratar y está en ausencia de oxígeno o prácticamente, ya que aquí tiene lugar la desnitrificación de los compuestos nitrogenados y parte de la eliminación del fósforo. Para evitar que los sólidos presentes en el licor mezcla sedimenten, se instalan agitadores sumergibles.

Y con la finalidad de mantener una concentración de nitratos determinada en la zona anóxica, se recircula parte del licor mezcla desde la zona aerobia a la zona anóxica.

— La zona aerobia

A continuación, el licor mezcla pasa hacia la zona aerobia, mediante un vertedero sumergido, la cual esta aireada mediante difusores de burbuja fina.

En esta zona tiene lugar la oxidación de la materia orgánica y la nitrificación de los compuestos nitrogenados y de fósforo.

Tras un tiempo de retención, el licor mezcla pasará mediante vertedero sumergido hacia la zona de las membranas.

Y con la finalidad de mantener una concentración determinada de microorganismos en la zona anóxica, se recircula parte del licor mezcla desde la zona de membranas a la zona aerobia.

7.4.1.2 FILTRACIÓN POR MEMBRANAS

El licor mezcla entra en la zona de membranas y se separa por un lado el permeado y por otro el rechazo, el cual se deposita en las membranas y en el licor mezcla.

Parte de los fangos del licor mezcla de la zona de membranas se recircula a la zona aerobia y el resto, es purgado para conducirlo al tratamiento de fangos.

El agua depurada o permeado se extrae mediante bombas reversibles y es conducido al depósito de almacenamiento de permeado.

Cuando las membranas necesiten ser limpiadas, se hará un lavado a contracorriente de agua (permeado), aire y de reactivos, usando bombas dosificadoras y la bomba del filtrado del permeado, ya que ésta operará en dos sentidos.

7.4.2 CONFIGURACIÓN DEL MBR

Se distinguen dos tipos principales de biorreactores de membrana según su configuración.

- MBR integrada o sumergida

La unidad de membrana que realiza la separación física está inmersa en el tanque biológico. La fuerza impulsora a través de la membrana es alcanzada creando presión negativa en el lado del permeado de la membrana evitando así la necesidad de bombeo y aprovechando la agitación mecánica de la aireación. La limpieza de la membrana se realiza a través de

frecuentes retrolavados con agua permeada y aire y ocasionalmente mediante retrolavados con soluciones químicas.

Generalmente se coloca un difusor de aire justo debajo del módulo de membranas para suministrar el aire necesario para el proceso biológico, para homogeneizar el contenido del tanque y para la propia limpieza de la membrana.

En la figura M.7 se muestra un esquema de este tipo de configuración.

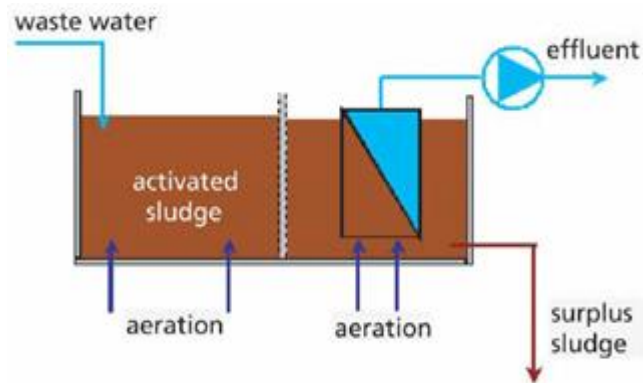


Figura M. 7: MBR con configuración sumergida.

- MBR externo o con recirculación

Esta configuración de MBR implica que el licor de mezcla es recirculado desde el biorreactor hasta la unidad de membrana que se dispone externamente a la unidad biológica. La fuerza impulsora es la presión creada por la alta velocidad del flujo a través de la superficie de la membrana, siendo necesaria el uso de bombeo.

Como resultado de la etapa de separación se obtienen dos corrientes: el permeado o efluente del proceso y el fango concentrado, que se recircula al reactor biológico. Este tipo de membranas son tubulares y necesitan ser limpiadas a contracorriente con un sistema automatizado.

En la figura M.8 se muestra un esquema de este tipo de configuración.

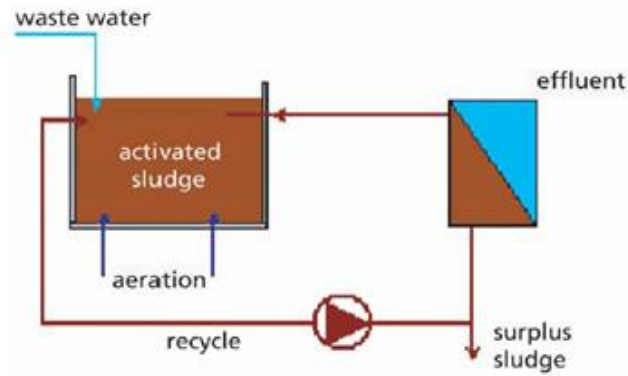


Figura M. 8: MBR con configuración externa.

Existen diferencias significativas según las membranas de filtración se dispongan sumergidas o externas al biorreactor.

En la tabla M.6 se comparan diferentes parámetros de operación de las dos configuraciones.

Tabla M. 7: Comparativa entre MBR sumergido y externo.

MBR SUMERGIDO	MBR EXTERNO
Coste de aireación altos (90%)	Costes de aireación bajos (20%)
Costes de bombeo muy bajos	Costes de bombeo altos (60-80%)
Flujo bajo de operación (10-60 l/m ² ·h)	Flujo alto de operación (40-120 l/m ² ·h)
Frecuencia de limpieza baja	Requiere mayor frecuencia de limpieza
Costes de operación menores	Costes de operación elevados
Inversión inicial fuerte	Inversión inicial menor
Presiones transmembranales bajas (~0,05-0,5 bar)	Presiones transmembranales mayores (~0,5-5 bar)

Teniendo en cuenta los diferentes parámetros de operación proporcionados por la figura anterior, se opta por elegir la opción del MBR con membranas sumergidas, porque son menos costosa, tiene menor requerimiento de presión transmembrana y la frecuencia de limpieza es baja. Dichas características han potenciado su uso a nivel mundial de los MBR sumergidos. Por tanto, es la configuración más viable para su aplicación a gran escala.

7.4.3 TAMAÑO DE PORO DE LA MEMBRANA

Para el tratamiento de aguas de aguas residuales usando MBR se usan principalmente dos tipos de membranas:

- Las membranas de microfiltración

Presentan un tamaño de poro reducido (0,1 hasta 10 μm). Estas membranas retienen todas las bacterias y parte de la contaminación viral es atrapada en el proceso, a pesar de que los virus son más pequeños que los poros de la membrana de microfiltración. Esto es debido a que los virus se pueden acoplar a las bacterias. También retienen partículas relativamente grandes, como grasas emulsionadas, sólidos suspendidos y macromoléculas con pesos moleculares mayores de 50 kDa aproximadamente.

La presión de trabajo se mantiene baja y similar a la de las membranas de ultrafiltración.

- Las membranas de ultrafiltración

Tienen tamaños de poro que van desde 0,1 μm hasta 0,05 μm . La principal diferencia con la microfiltración es que el tamaño de poro de la membrana es menor, por lo que filtra mejor el agua y retiene partículas que en la microfiltración pasaban disueltas al permeado.

Las membranas de ultrafiltración retienen macromoléculas, sólidos en suspensión, todo tipo de microorganismos como virus y bacterias. Reduce la turbidez y el TOC (carbono orgánico total) del agua, pero sin embargo no elimina correctamente posibles iones metálicos, como magnesio o calcio, ni sales disueltas en el agua.

La presión de trabajo es de media a baja (50 kPa a 500 kPa).

En la figura M.9 se puede ver un esquema de ambos tipos de membranas.

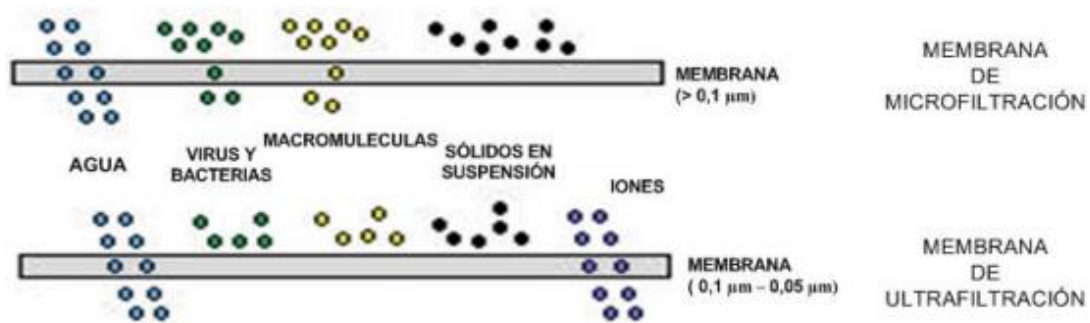


Figura M. 9: Membranas de microfiltración y ultrafiltración.

Ambos tipos de membranas se pueden utilizar en la depuración de aguas residuales, pero las membranas de ultrafiltración son ampliamente más usadas, ya que aumentan el caudal tratado entre 3 y 5 veces, la capacidad de depuración supera los niveles exigidos por la UE, lo que puede hacer posible la reutilización del agua depurada en distintos usos y garantiza la validez del sistema en el futuro, aunque la normativa se endurezca y hace posible que la frecuencia de limpieza de las membranas no sea tan corta

7.4.4 MATERIAL DE LAS MEMBRANAS

Atendiendo a la naturaleza de las membranas, se dividen en dos grandes grupos: orgánicas e inorgánicas.

- Membranas orgánicas o poliméricas

Las membranas orgánicas se fabricaban a partir de celulosa y derivados, como acetatos de celulosa, pero el principal problema de este material era su limitación a la temperatura y a determinados productos químicos. En cambio, los polímeros sintéticos presentan una mejoría en cuanto a resistencia química, térmica y al ensuciamiento.

Los polímeros sintéticos más usados son: el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el polivinilideno fluoruro (PVDF), la polietilsulfona (PES) y el polivinil pirrolidona (PVP).

Son membranas económicamente asequibles y son más competitivas que las membranas inorgánicas en cuanto a coste.

- Membranas inorgánicas

Las membranas inorgánicas a diferencia de las orgánicas, presentan una gran resistencia mecánica, térmica, química y al ensuciamiento, pero presentan el inconveniente que son más costosas.

Pueden estar fabricadas de vidrio, carbono o metal, pero las más usadas son las cerámicas. A pesar de las ventajas que tienen, son menos competitivas que las orgánicas, ya que se encuentran aún en desarrollo y se procesan a temperaturas elevadas, incrementando mucho el coste energético.

Dado que las membranas orgánicas son más fáciles de procesar y por tanto más baratas, con respecto a las inorgánicas, se opta por utilizar las membranas orgánicas o poliméricas, siendo éstas las más usadas en la industria de la depuración de aguas residuales.

7.4.5 MÓDULOS DE LAS MEMBRANAS

Un módulo de membrana es la unidad de operación en la que se disponen las membranas. Los factores más a tener en cuenta a la hora de escoger un módulo son: la facilidad de montaje y ensamblaje, elevada compactación, es decir tratar el máximo de permeado posible con la mínima superficie, y permitir la modulación. En el mercado existen cuatro tipos principales:

- Placa plana (placa y bastidor).

Tal y como se muestra en la figura M.10, en estos módulos de membrana, la alimentación circula entre las membranas de dos placas adyacentes y el permeado se recoge en un colector y se dirige mediante conducciones hacia el exterior. Las membranas se mantienen separadas entre sí por medio de espaciadores cuya anchura es del orden de 2 mm.

Cada módulo está formado por espaciador-membrana-placa de soporte-membrana.

Son fácilmente desmontables, pero disponen de una baja densidad de compactado haciendo que el volumen que ocupan sea elevado.

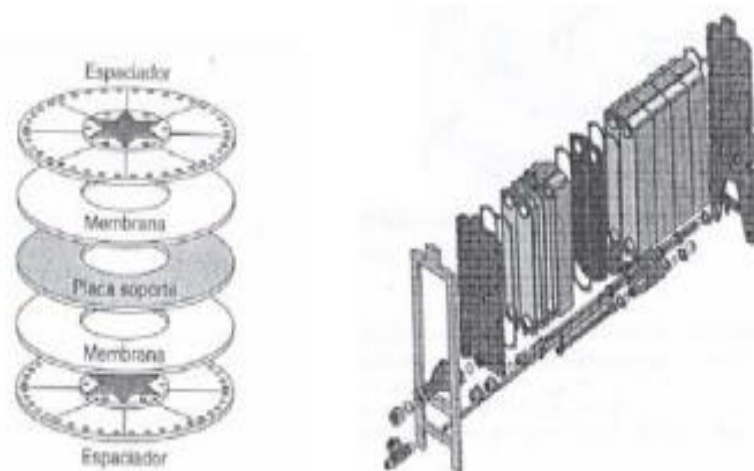


Figura M. 10: Membrana de placa plana (placa-bastidor).

- Arrollamiento espiral.

Se basa en un envoltorio de dos membranas enrolladas en cilindros separados entre sí por el colector de permeado. Varios de estos cilindros se separan por un espaciador. Son módulos muy compactos y producen una pérdida de carga menor que en los módulos de placa plana y además son más sensibles a la obstrucción debido al espaciador, razón por la cual se debe realizar un buen pretratamiento antes de que el agua entre en los módulos de las membranas.

Es una de las configuraciones más económicas en lo que a consumo energético se refiere y alcanza altas relaciones superficie/volumen.

En la figura M.11 se presenta el esquema de las membranas enrolladas en espiral, donde el alimento entra por la parte exterior de la membrana. Cabe destacar que también puede darse una distribución a la inversa, es decir, que el alimento entre por el interior del espiral, el permeado se extraiga por el exterior de la membrana y el agua concentrada por el interior.

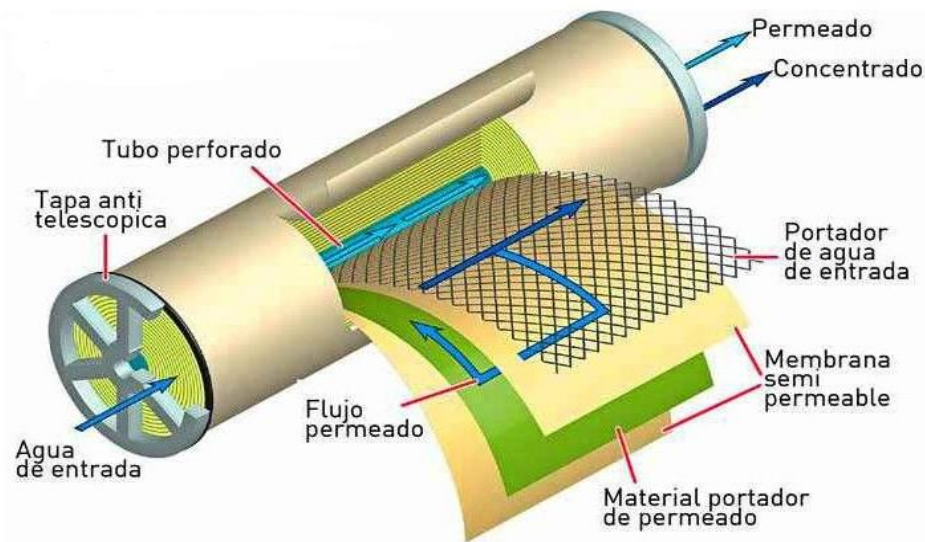


Figura M. 11: Membrana de enrollamiento espiral.

- Tubulares.

Es la configuración más simple. Son cilindros en cuyo interior se disponen las membranas en forma de tubos que son perforados o porosos.

El caudal de agua de entrada se bombea por los tubos de entrada, el permeado se redirige al exterior de los tubos y el concentrado sigue fluyendo a través de los tubos de entrada.

No necesitan de una prefiltración fina de la alimentación, ya que las membranas son menos propensas al ensuciamiento, se limpian mecánicamente de una forma más sencilla, se adaptan bien para un tratamiento de fluidos viscosos y pueden tolerar cargas de materia en suspensión a gran velocidad mucho más grandes que otras configuraciones.

Las desventajas de este tipo de diseño es que tiene una baja densidad de compactación y un costo de inversión elevado.

En la figura M.12 se muestra un esquema de este tipo de configuración de membrana.

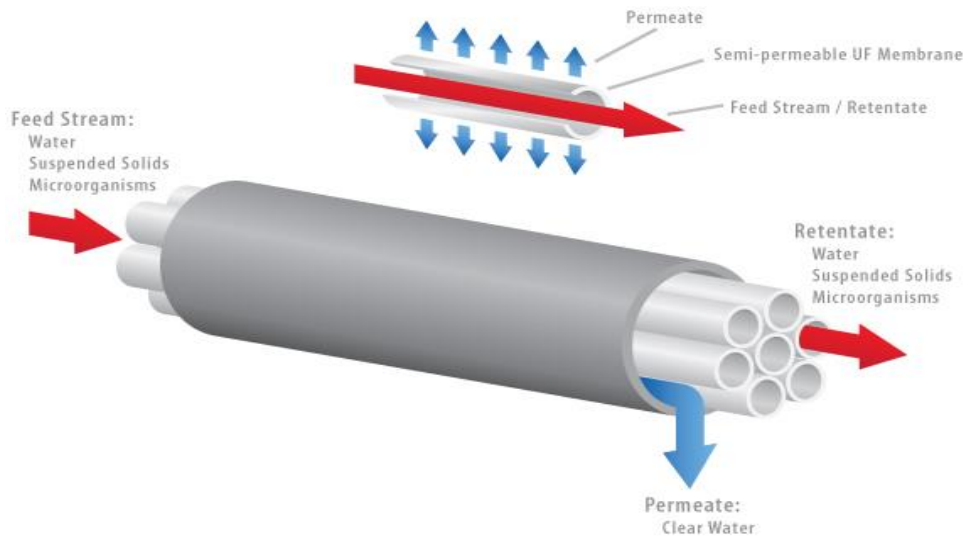


Figura M. 12: Membrana tubular.

- Fibra hueca.

Consisten en el empaquetamiento de fibras huecas dentro de unos cilindros de resina endurecida. El proceso de filtración se produce desde el interior de las fibras al exterior o viceversa. Por tanto, se puede realizar un ciclo de lavado a contracorriente.

La ventaja de este tipo de configuración de membrana es que la densidad de empaquetamiento es mucho mayor, aunque debido a la presencia de gran cantidad de fibras de diámetros muy pequeños hace que sea más propensas al ensuciamiento.

En la figura M.13 se muestra el esquema de este tipo de configuración.

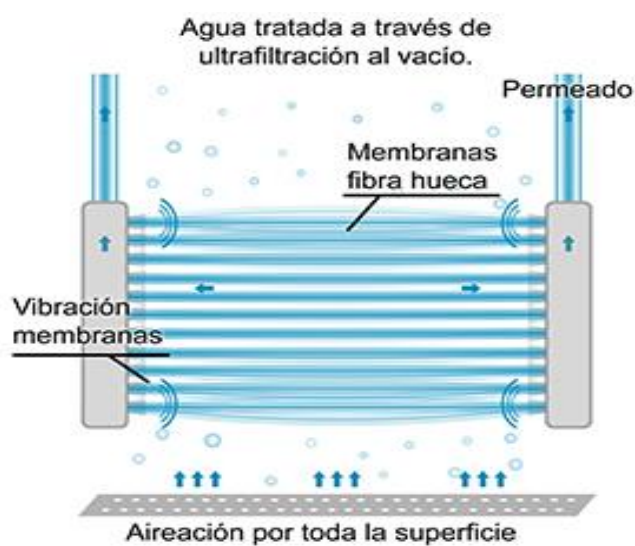


Figura M. 13: Membrana de fibra hueca.

De los tipos de módulos expuestos anteriormente, cabe destacar que las disposiciones de los módulos más usadas en depuración de aguas residuales son: placa plana y fibra hueca, siendo ésta última la que se utilizará en este proyecto, ya que posee la ventaja de tener una densidad de empaquetamiento elevada y de poder realizarse en ella un retrolavado como parte de la limpieza que se le efectúa a la membrana, lo cual permite aumentar el ciclo de utilización de este tipo de membrana. Por tanto, la membrana de fibra hueca es una buena alternativa a implantarse en este proyecto.

7.4.6 PARÁMETROS DE DISEÑO Y OPERACIÓN

Los principales parámetros de diseño y operación de un MBR son:

- SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN DEL LICOR MEZCLA

Los MBR pueden funcionar con concentraciones de MLSS mucho mayores que los de los sistemas de fangos activos.

Según la bibliografía el rango de operación de la concentración de MLSS para el biorreactor suele estar entre 4.000 y 10.000 mg/l, mientras que para el tanque de membranas suele estar entre 4.000 y 14.000 mg/l. Sin embargo, estos últimos valores no son aconsejables puesto que las concentraciones demasiado elevadas suponen costes energéticos, debido a la aireación, elevado, que el licor mezcla sea más viscoso, dando lugar a que la aireación por burbuja gruesa sea menos eficaz y que disminuya el funcionamiento de la membrana.

Por tanto, para el diseño del proyecto se optó por elegir concentraciones de MLSS en el biorreactor de 8.000 mg/l y en el tanque de membranas de 10.000 mg/l.

- EDAD DEL FANGO

Aunque los MBR pueden funcionar para un amplio rango de edades de fango, trabajar con edades de fango de menos de 3 días da como resultado un ensuciamiento rápido de la membrana, debido al ensuciamiento orgánico.

Asimismo, trabajar con edades de fango elevadas reduce la producción de fangos, pero se necesitará más cantidad de oxígeno para poder llevar a cabo la respiración endógena.

Para lograr el control de la edad del fango, se lleva a cabo la purga de los fangos en exceso producidos en el reactor.

Normalmente se recomienda trabajar con edades de fango entre 10 y 25 días. El presente proyecto está diseñado para tener una edad del fango de 17 días.

- TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA(HRT)

Los MBR trabajan con HRT inferiores a los procesos de fangos activos, para un mismo caudal de alimentación, dando lugar a volúmenes del reactor más pequeño, lo que supone que ocupará menos espacio dentro en la planta.

Se recomienda por la bibliografía trabajar con tiempos de retención entre 6 y 15 horas.

El MBR diseñado trabajará a un tiempo de retención hidráulica de aproximadamente 6 horas.

- AIREACIÓN

El ambiente aerobio en el reactor se consigue mediante el uso de difusores sumergidos.

En los MBR, los difusores tienen tres funciones importantes: mantener la biomasa en estado de mezcla completa mediante un flujo turbulento, proporcionar la cantidad de oxígeno necesario para el proceso biológico y favorecer la limpieza de las membranas.

El sistema de difusores de aire en los MBR sumergidos se encuentra situado justo debajo de los módulos de membranas, y son de burbuja gruesa, que proporcionan un sistema de limpieza en continuo de la membrana, debido a la fuerza de barrido que produce.

7.4.7 ENSUCIAMIENTO DE LAS MEMBRANAS

En los MBR, el ensuciamiento está directamente influenciado por las características del lodo y las condiciones hidrodinámicas del sistema. Sin embargo las condiciones de operación como la edad del fango, TRH, la relación F/M y las características del alimento tienen una repercusión indirecta sobre el ensuciamiento, ya que lo que hace es modificar las características del fango.

En la práctica resulta difícil modificar estos parámetros, ya que la mayoría de ellos vienen impuestos una vez se construye la depuradora. Por ello, es interesante optimizar aquellos parámetros sobre los que se pueda incidir para minimizar el ensuciamiento de las membranas y así reducir la frecuencia de limpieza y reducir costes.

Alguno de estos factores son: la concentración de SSLM, el caudal de aireación, la edad del fango o el caudal de filtración.

Dado que el principal coste de operación de los sistemas MBR es el de aireación, es necesario su optimización, para lo cual se debe hacer un diseño correcto de los difusores y de su ubicación para mitigar el ensuciamiento de las membranas.

7.4.8 LIMPIEZA DE LAS MEMBRANAS

Las membranas de filtración tienen tendencia hacia el ensuciamiento luego de cada filtración, ya que el agua residual a tratar tiene alta carga de contaminantes, bien sea por fouling (ensuciamiento por acumulación de partículas retenidas en la superficie de la membrana) o por clogging (ensuciamiento por aglomeración de sólidos).

En consecuencia, deben realizarse limpiezas periódicas de los módulos. Sin embargo, también se ha de tener presente que las membranas deben limpiarse lo menos posible, pues en cada limpieza se van degradando.

Cuando pese a la limpieza de las membranas no se recuperan las características de la membrana se debe proceder a su sustitución incluyendo este reemplazamiento en los costes de mantenimiento de la instalación.

En la figura M.14 se muestra el proceso de ensuciamiento y limpieza de la membrana.

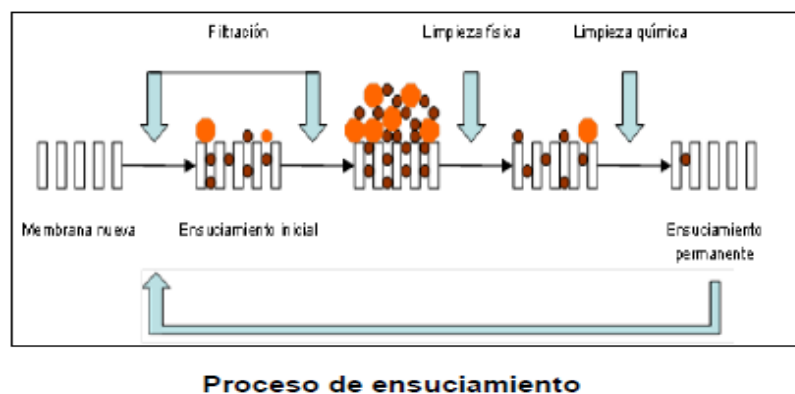


Figura M. 14: Proceso de ensuciamiento y limpieza de la membrana.

Existen dos tipos de limpieza de las membranas:

- Limpieza física

En los MBR, la limpieza física se logra normalmente mediante el retrolavado (“backflushing”), invirtiendo el flujo de permeado hacia atrás o por relajación, que simplemente se deja de permear mientras se continúa limpiando las membranas con burbujas de aire. En la práctica estas dos técnicas se usan en combinación para obtener resultados óptimos. La frecuencia de limpieza es aproximadamente entre 30 y 60 s cada 10 o 15 minutos.

El proceso de retrolavado elimina la mayor parte del ensuciamiento reversible dentro de los poros y también arranca la capa más débilmente adherida a la membrana. La técnica del

retrolavado afecta a los costes de operación, pues se requiere energía para que se alcance la presión necesaria para que el flujo circule en sentido contrario.

Entre el 5 y el 30% del permeado se utiliza en este proceso.

- Limpieza química

Debido a que las limpiezas físicas no son suficientemente eficaces en eliminar todo el ensuciamiento de la membrana, se realizan limpiezas químicas con las que se recupera parte de la permeabilidad inicial de las mismas. El ensuciamiento eliminable mediante limpiezas químicas se conoce como ensuciamiento irreversible.

La limpieza química consiste en tratar las membranas con disoluciones químicas para eliminar las sustancias que se hayan adherido a las membranas tanto interna como externamente. En función del tipo de ensuciamiento que se pretende eliminar, se deben emplear unos reactivos u otros.

Los reactivos más empleados para eliminar el ensuciamiento inorgánico y orgánico de las membranas son:

- Ácido: Para el ensuciamiento debido a la materia inorgánica. Se emplea habitualmente ácido cítrico en concentraciones entorno al 1-3 %.
- Base: Para el ensuciamiento debido a la materia orgánica. Se emplea habitualmente hipoclorito de sodio en concentraciones entorno al 0,1-0,6%

Por lo general la limpieza química se suele aplicar después del proceso de limpieza por arrastre.

La limpieza química suele ser de dos tipos: la de mantenimiento y la de recuperación.

Limpieza de mantenimiento

Es regular con una frecuencia de una vez por semana y tiene como objetivo incrementar el intervalo entre limpiezas de recuperación. Este tipo de limpieza suele requerir concentraciones menores de reactivos.

Limpieza de recuperación

Se empleada específicamente para recuperar la permeabilidad de la membrana y requiere mayores concentraciones de reactivos y tiempos de contacto más prolongados que la limpieza de mantenimiento. Dicha limpieza de recuperación no siempre es efectiva, normalmente porque la membrana se ha obstruido con sólidos de lodo (un fenómeno a

menudo denominado “clogging”). La limpieza de recuperación tiene lugar con una frecuencia de 2 a 3 veces al año.

Para efectuar la limpieza física y química es necesario depósitos en el que se almacene los reactivos y el permeado, para lo cual se procede a su diseño, tal como se muestra en el Anexo N°1.

8. RESULTADOS FINALES

En el Plano 01, encontramos la distribución general y los equipos de la EDAR diseñado para este proyecto, a continuación se describirán de manera general el procedimiento para la adecuación de la planta, su funcionamiento y los equipos y materiales propuestos en el dimensionamiento de la planta.

8.1 ADECUACIÓN DEL TERRENO

8.1.1 MOVIMIENTO GENERAL DE TIERRAS

Para la excavación provisional de cada uno de los elementos se ha previsto dejar como mínimo un metro de margen alrededor de éste para facilitar las operaciones de ferrallado y encofrado.

A efectos de medición se ha considerado un desbroce y limpieza del terreno, así como el desmonte y terraplano para la adecuación del terreno natural a las cotas de urbanización.

8.1.2 CIMENTACIÓN DE LAS INSTALACIONES

La cimentación de los depósitos se realizará sobre un relleno material granular cuyo fin es el de permitir una mejora en la capacidad de soporte del terreno por encima de los valores mínimos establecidos.

8.2 OBRA CIVIL

8.2.1 NAVE DE SOPLANTES

Se ha dispuesto de una tipología de nave de estructura metálica para albergar los equipos soplantes. La idea principal es colocar la nave lo más cerca posible del proceso en el que cumplirá su función, para evitar pérdidas de carga innecesarias.

Los condicionantes de dimensionamiento de la nave de soplantes son los siguientes:

- La nave comprende:
 - Losa de cimentación
 - Pilares soldados a las placas base
 - Vigas de riostra en la parte alta
 - Paneles prefabricados de hormigón de (3x2) m²
 - Paneles fonoabsorbentes (debe estar perfectamente aislada)
 - Dimensiones de la nave: 8x5 m de planta

- Altura de la nave: 3,5 m
- Estructura metálica, en cada extremo debe haber un pilar de chapa de acero soldado, de 140x140 mm² además de un pilar central.

8.2.2 REACTOR BIOLÓGICO Y MEMBRANAS

Para el dimensionamiento del reactor biológico y de las membranas se han desarrollado los cálculos pertinentes, los cuales se detallan en el Anexo N°1.

Para el dimensionamiento se utilizó el método propuesto por el libro “The MBR BOOK” de Simon Judd.

De dicho diseño, se obtuvieron algunos de los siguientes parámetros mostrados en la tabla M.8.

Tabla M. 8: Resumen del resultado obtenido.

$\theta_{x,process}$ (días)	HRT _{process} (h)	V _{aer} (m ³)	V _{anox} (m ³)	V _m (m ³)	V _T (m ³)
17,17	6,6	1.987,75	487,50	120	2.595,25

Por tanto, se llevará a cabo la construcción del biorreactor y será de obra civil de hormigón armado. Se construirá teniendo en cuenta las dimensiones obtenidas en cada zona del biorreactor. Para calcular la cantidad de hormigón armado que se necesita, se tienen cuenta el volumen de las paredes del biorreactor al completo y los tabique de separación de cada zona que en él se encuentran, resultando un volumen total de 475 m³.

8.3 SISTEMA DE AIREACIÓN

El sistema de aireación del MBR contará con dos líneas de aireación y cada una de ellas proporcionará aire a la zona aerobia y la zona de las membranas.

- Zona aerobia

El sistema de aireación por línea estará compuesto por 288 difusores de burbuja fina de 9”, trabajando a una capacidad de 4,08 m³/h cada difusor. Estos difusores se alimentan por dos soplantes para cada línea, y se instalará otro de reserva (2+R).

El caudal total de aire por línea es de 19,56 m³/min manteniendo una concentración de oxígeno en el tanque de 1,5 g/m³.

— Zona de membranas

El caudal total de aire para ambas líneas es de 75 m³/min manteniendo una concentración de oxígeno en el tanque de 2 g/m³.

Los cassettes de membranas se alimentarán por aire mediante una soplante para las dos líneas, y se instalará otro de reserva (1+R).

8.4 MEMBRANAS PARA EL MBR

Para el diseño del tratamiento secundario usando un biorreactor de membrana, se optó por elegir una configuración de MBR de membranas sumergidas, con membranas poliméricas, de ultrafiltración y con una configuración de módulos de fibra hueca.

Dado que hay varios fabricantes de este tipo de tecnología, se eligió a SUEZ Water technologies & Solution como fabricante de la tecnología MBR, ya que cuenta con más de dos décadas de experiencia con el biorreactor de membrana, que puede tratar agua de casi cualquier calidad para obtener la calidad que se requiere.

Se eligió las membranas de fibra hueca ZeeWeed, de la gama ZW 500, ya que según la figura M.15 es adecuada para un MBR. Dentro de la gama 500, se eligió la serie C, cuya ficha técnica se encuentran en el Anexo N°2.

	ZW500	ZW1000	ZW1500	ZW700B
aplicación				
Agua potable	●	●	●	●
Agua de proceso industrial	●	●	●	●
Agua de mar		●	●	●
Terciario	●	●	●	●
MBR	●			
consideraciones adicionales				
Presurizado			●	●
Inmerso	●	●		
Agua difícil de tratar	●			
Reconversión	●	●	●	●

Figura M. 15: Membranas ZeeWeed.

El sistema de membranas estará dotado de 3 cassettes/ línea con un total de aproximadamente 60 módulos de membrana, habiendo en cada cassette como máximo 10 módulos de membrana.

En la figura M.16 se puede ver el cassette y los módulos de membrana propuestos para el tratamiento secundario.



Figura M. 16: Módulo y cassette ZeeWeed 500 C.

8.5 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS

8.5.1 CLORURO FÉRRICO

El reactivo elegido para la precipitación del fósforo del agua residual fue el cloruro férrico, ya que tiene la capacidad de trabajar en un amplio rango de pH, que va desde 4,5 hasta 12 y es capaz de remover los fosfatos con una eficiencia superior al 95% permitiendo alcanzar los valores requeridos por la legislación.

La dosificación tendrá lugar a la entrada de la arqueta de reparto de caudal, de manera que el reactivo se mezcle adecuadamente. Se dosificará el cloruro férrico con un caudal de 1,175 l/h aproximadamente.

Características del reactivo a dosificar:

- Nombre: Cloruro férrico líquido
- Pureza: 40%
- Volumen del depósito de reactivo: 250 L/línea (x2)
- Proveedor: VADEQUÍMICA

Las bombas de dosificación de cloruro férrico son iguales (1+R)/línea

- Caudal máximo a dosificar: 6 L/h
- Potencia de la bomba: 22 W
- Proveedor: GRUNDFOS

Los cálculos en los que se ha basado las dosificaciones del reactivo se encuentran detallados en el documento *Anexo N° 1*.

8.5.2 HIPOCLORITO DE SODIO

Es el reactivo elegido para eliminar el ensuciamiento debido a la materia orgánica deposita en las membranas, es decir para la limpieza básica.

La dosificación del hipoclorito tendrá lugar en la tubería de permeado con un caudal de dosificación de 93,2 L/h.

Características del reactivo a dosificar:

- Nombre: Hipoclorito de sodio.
- Pureza: 15%
- Volumen del depósito de reactivo: 50 L/línea (x2)
- Proveedor: ORTEAGA

Las bombas de dosificación del hipoclorito de sodio son iguales (1+R)/línea.

- Caudal máximo a dosificar: 150 L/h
- Potencia de la bomba: 67,1 W
- Proveedor: GRUNDFOS

Los cálculos en los que se ha basado las dosificaciones del reactivo se encuentran detallados en el documento *Anexo N° 1*.

8.5.3 ÁCIDO CÍTRICO

Es el reactivo elegido para eliminar el ensuciamiento debido a la materia inorgánica deposita en las membranas, es decir para la limpieza ácida.

La dosificación del ácido cítrico tendrá lugar en la tubería de permeado con un caudal de dosificación de 112 L/h.

Características del reactivo a dosificar:

- Nombre: Ácido cítrico.

- Pureza: 50%
- Volumen del depósito de reactivo: 50 L/línea (x2)
- Proveedor: GUINAMA

Las bombas de dosificación del ácido cítrico son iguales (1+R)/línea.

- Caudal máximo a dosificar: 150 L/h
- Potencia de la bomba: 67,1 W
- Proveedor: GRUNDFOS

8.5.4 PERMEADO

El permeado obtenido tras la depuración de las aguas residuales se almacena en un depósito de PRVF, cuyo volumen se ha estimado considerando que cada ciclo de filtración es de 9 minutos, obteniendo un volumen de 19 m³.

Dicho depósito se utiliza como depósito de almacenamiento del permeado antes de verterse a cauce público y también servirá para los periodos de limpieza de las membranas, en los cuales se deja de filtrar, y el agua almacenada en el depósito servirá para los contralavados con agua y reactivos.

Para la filtración y la limpieza de las membranas se ha optado por implantarse una bomba reversible, que opera a ambos sentido del flujo. Se necesitará una sola bomba más una igual de reserva (1+R).

La bomba de permeado tendrá estas características:

- Caudal máximo a dosificar: 125 m³/h
- Potencia de la bomba: 7,6 kW
- Proveedor: BOYSER

8.6 CONDUCCIONES, ACCIDENTES Y BOMBAS

8.6.1 CONDUCCIONES Y ACCIDENTES

Para todas las conducciones de agua se ha utilizado PVC orientado, como la opción más innovadora y la más efectiva a la hora de circular no solo agua residual sino también fangos, ya que posee una alta resistencia mecánica y química.

En la tabla M.9 se detallan los diámetros y las longitudes utilizadas para cada tramo de las conducciones y en la Tabla M.10 se detalla los accidentes utilizados y su ubicación.

Tabla M. 9: Conducciones tramos rectos.

LUGAR	TRAMO	TIPO	Diámetro ext.(mm)	Longitud (m)
T. homogeneización - arqueta	1	PVC-0	315	4
Arqueta - MBR	1	PVC-0	200	1,5x2
Zona aerobia - arqueta	2	PVC-0	500	34x2
Zona membranas - zona aerobia	3	PVC-0	400	18x2
Membranas - T. permeado	4	PVC-0	200	20x2
T. hipoclorito - tubería permeado	5	PVC-0	90	6x2
T. ácido - tubería permeado	6	PVC-0	90	7x2
Tubería dosificación cloruro férrico	7	PVC-0	90	3

Tabla M. 10: Accidentes.

TIPO	LUGAR	TRAMO
1 válvula tajadera D=315 mm (x2) 1 válvula de retención D=315 mm (x2)	T. homogeneización - arqueta	1
2 válvulas atajaderas D=200 mm 2 codos 45° D=200 mm	Arqueta - MBR	1
3 codos 90° D=500 mm (x2) 2 válvulas atajaderas D=500 mm(x2) 1 válvula de retención D=500 mm	Zona aerobia - arqueta	2
3 codos 90° D=400 mm (x2) 1 codo 180° D=400 mm (x2) 1 válvula atajadera D=400 mm (x2) 1 válvula de retención D=400 mm (x2)	Zona membranas - zona aerobia	3
2 codos 90° D=200 mm (x2) 1 válvula de retención D=200 mm (x2) 1 válvula atajadera D=200 mm (x2) 6 Tés (x2) 6 codos 90° D=90 mm (x2) 12 ensanchamientos (x2)	Membranas - T. permeado	4
2 válvulas atajaderas D=90 mm (x2) 1 válvula retención D=90 mm (x2) 1 Te (x2)	T.hipoclorito - tubería permeado	5
1 válvula retención D=90 mm (x2) 1 Te (x2)	T. ácido - tubería permeado	6
1 válvulas atajaderas D=90 mm 1 válvula retención D=90 mm 1 Te	Tubería dosificación cloruro férico	7

8.6.2 BOMBAS

Se utilizará veintiséis bombas en las dos líneas de depuración de planta, de las cuales 14 estarán activas y el resto estará de reserva para hacer frente a posibles fallos.

Tramo 1: Se usó una bomba (1+R) de la marca KSB, modelo Sewatec 60 Hz D 200-315 para un caudal de 250 m³/h. Transportará el agua residual desde la salida del tanque de homogeneización hasta la entrada al MBR. Es un modelo ideal para el transporte de aguas residuales y de fangos.

Tramo 2: Se usó dos bombas en paralelo (2+R/línea) de la marca KSB, modelo Sewatec 60 Hz D 200-315 para un caudal de aproximadamente 350 m³/h cada bomba. Transportará el fango recirculado desde la zona aerobia a la arqueta de reparto, de modo que llegue a la zona anóxica. Es un modelo ideal para el transporte de aguas residuales y de fangos.

Tramo 3: Se usó una bomba (1+R/línea) de la marca KSB, modelo: Sewatec de 50 Hz K 300-400 para un caudal de 500 m³/h. Transportara el fango recirculado desde la zona de las membranas a la zona aerobia del reactor biológico. Son ideales para el transporte de aguas residuales, tratamiento de aguas residuales, tratamiento de lodos y transporte de aguas pluviales.

Tramo 4: Se usó 1 bomba (1+R/línea) reversible auto-aspirante para la extracción del permeado y el lavado de las membranas. Son bombas lobulares de la marca BOYSER de la serie LB-M/125, con capacidad de 125 m³/h y presión de trabajo menor de 4 bar.

Tramo 5 y 6: Se utilizó dos bombas (2+2R/línea) dosificadoras de la marca GRUNDFOS, el modelo DME para un caudal máximo de 150 L/h. Se encargarán de dosificar e impulsar el caudal de reactivo utilizado, ya sea el hipoclorito de sodio o el ácido cítrico en la limpieza de las membranas.

Tramo 7: Se utilizó una bomba dosificadora (1+R) de la marca GRUNDFOS, el modelo DDC-AR para un caudal máximo de 6 L/h. Se encargarán de dosificar e impulsar el caudal de cloruro férrico para la precipitación del fósforo del agua residual.

8.6.3 SOPLANTES

Se usaron 6 soplantes para la zona aerobia y la zona de las membranas de las dos líneas.

Zona aerobia

En la zona aerobia se colocaron 2 soplantes por línea, de las cuales 1 está en funcionamiento y la otra en reserva (1+R/línea). Las soplantes son de la marca KAESER, el modelo DBS 220M SFC para una potencia máxima de motor de 37 kW. Se encargarán de proporcionar el oxígeno necesario a las bacterias encargadas de la degradación de la materia orgánica y los nutrientes.

Zona de membranas

En la zona de las membranas se colocó 2 soplantes para las dos líneas, de las cuales 1 está en funcionamiento y la otra en reserva (1+R). Las soplantes son de la marca KAESER, el modelo HB 950C para una potencia máxima del motor de 200 kW. Se encargarán de homogenizar el licor mezcla del tanque de membranas y facilitar la limpieza de las membranas.

Todas las soplantes estarán confinadas en una caseta, cuyas dimensiones se han detallado anteriormente en este documento.

9. PLANIFICACIÓN

En el presente punto se expone la planificación de obras e instalaciones necesarias para poner en funcionamiento el diseño del tratamiento secundario estudiado en este proyecto sin entrar en detalles específicos de cada fase.

Así pues, las obras se dividen en ocho fases:

1. Movimiento de tierras y terraplenado.
2. Obra civil de los depósitos.
3. Obra civil e instalación de las tuberías exteriores que componen las líneas del tratamiento secundario
4. Obra civil de la caseta de soplantes
5. Instalación eléctrica y fontanería
6. Instalación de equipos
7. Automatización.
8. Puesta en marcha y corrección de errores.

En la Figura M.17 y Figura M.18 se recoge la planificación realizada para la obra y equipamiento de la EDAR.

	Nombre de la tarea	Duración
1	Movimiento de tierras	15d
2	Obra civil de los depósitos	120d
3	Obra civil e instalación de tuberías exteriores	60d
4	Obra civil de la caseta de soplantes	20d
5	Instalación eléctrica y fontanería	10d
6	Instalación de equipos	20d
7	Automatización	7d
8	Puesta en marcha	7d

Figura M. 17: Duración de las actividades.

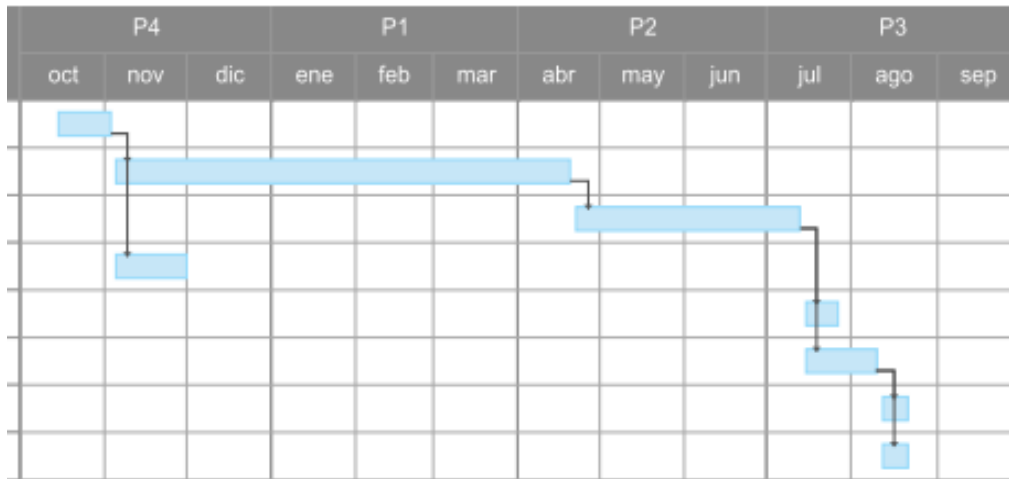


Figura M. 18: Diagrama de Gantt.

En la planificación se han tenido en cuenta posibles retrasos por recepción de materiales, problemas meteorológicos y demás. Se ha estimado que la duración total es de 222 días, con una jornada laboral de 8 horas diarias.

10. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS

Tal y como se establece en la norma UNE 157001-2014, “Criterios generales para la elaboración de los documentos que constituyen un proyecto técnico”, el orden de prioridad entre los documentos básicos será:

1. Índice General
2. Memoria
3. Anexos
4. Planos
5. Pliego de condiciones.
6. Mediciones
7. Presupuesto.

11. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

En este apartado se realizará un análisis económico del presente proyecto, teniendo en cuenta el presupuesto de explotación y la inversión inicial, así como el posible precio de venta del agua para saber si económicamente es viable o no dicho proyecto.

11.1 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

En el siguiente apartado se resumirá las partes principales del presupuesto (en el documento *Presupuesto* se encuentran los cuadros de precios detallados).

11.1.1 PEM

El presupuesto de ejecución material (PEM) consta de 9 partes, llamadas Partidas presupuestarias. En la Tabla M.11 se presentan cada una de ellas, así como el porcentaje que implica cada una y el valor del presupuesto de ejecución material total

Tabla M. 11: PEM

Partida	Coste	Porcentaje
Partida 1: Equipos, depósitos, reactivos	1.330.417,84 €	69,63%
Partida 2: Conducciones y accesorios	33.170,48 €	1,74%
Partida 3: Elementos de instrumentación y control	7.859,70 €	0,41%
Partida 4: Obra civil	80.549,10 €	4,22%
Partida 5: Instalación eléctrica y fontanería	50.000,00 €	2,62%
Partida 6: Estudio de seguridad y salud	2.013,73 €	0,11%
Partida 7: Gestión de residuos de obra	2.416,47 €	0,13%
Partida 8: Instalación y montaje de los equipos	199.562,68 €	10,44%
Partida 9: Licencias y permisos	204.718,80 €	10,71%
TOTAL	1.910.708,80 €	

11.1.2 PEC

El presupuesto de Ejecución por Contrata parcial se calcula mediante la siguiente expresión:

$$PEC_p = PEM + Gastos\ generales + Beneficio\ industrial$$

En la tabla M.12 se muestra los valores de cada uno de estos parámetros.

Tabla M. 12: PEC parcial.

PEM	Presupuesto de Ejecución de material	1.910.708,80 €
GG	Gastos Generales (13% del PEM)	248.392,14 €
B° industrial	Beneficio industrial (6% del PEM)	114.642,53 €
	PEC parcial	2.273.743,47 €

El Presupuesto de Ejecución por Contrata se calcula añadiendo el valor del I.V.A. (21% actualmente) al valor del Presupuesto de Ejecución por Contrata parcial. El valor del PEC equivale a la inversión inicial a realizar para poder llevar a cabo el proyecto.

En el caso del presente proyecto, el valor del PEC es: **2.751.229,60 €** que se corresponde con la inversión inicial del proyecto.

11.2 PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN

El presupuesto de explotación, también llamado gastos totales, detalla los gastos previstos en un año.

11.2.1 GASTOS DIRECTOS

Cuando se habla de gastos directos se hace referencia a los gastos que dependen de la producción, en el caso de este proyecto, de la producción del agua. En él se incorporan el consumo eléctrico de los equipos que forman parte de la planta y el de los reactivos a utilizar a lo largo de la línea de tratamiento secundario.

En la Tabla M.13 se presenta el consumo eléctrico anual de los equipos previsto de cada uno de ellos, así como el consumo total anual y su coste, teniendo en cuenta que el coste de la energía eléctrica en las industrias es de 0,121 €/kWh (Iberdrola).

Tabla M. 13: Consumo eléctrico de los equipos.

Equipo	Uds. instaladas	Uds. funcionando	Potencia consumida (kW)	Horas de funcionamiento anuales (h)	Coste eléctrico (€/año)
Bombas que van del T.H al MBR	2	1	0,372	8760	394,305
Bombas de recirculación interna	6	4	1,26	8760	5.342,198
Bombas de recirculación externa	4	2	0,98	8760	2.077,522
Bombas de permeado reversibles	4	2	7,5	8760	15.899,400
Bombas de dosificadoras hipoclorito y ácido cítrico	8	4	0,0671	0,5	0,016
Bombas dosificadoras de cloruro férrico	2	1	0,022	8760	23,319
Agitadores de la zona anóxica	2	2	5	8760	10.599,600
Soplantes zonas aerobias y membranas	6	4	27,09	8760	114.857,27
Microtamiz	1	1	1	8760	10.599,60
TOTAL					150.253,59 €

En la tabla M. 14 se expone el gasto en reactivos al año.

Tabla M. 14: Consumo anual de reactivos.

Tipo de reactivo	Demanda anual (Depósito de 25 L)	Precio por Ud. (€)	Total (€)
Hipoclorito de sodio	4	78,31	313,24
Ácido cítrico	5	63,00	315,00
Cloruro férrico	409	29,00	1.1861,00
TOTAL			12.489,24 €

Finalmente, en la tabla M.15 se representa la suma de los gastos directos previstos para la EDAR instalando el MBR en un año.

Tabla M. 15: Gastos directos.

Elemento	Coste (€)
Consumo eléctrico de los equipos	150.253,59 €
Consumo de reactivos	12.489,24 €
TOTAL	162.742,83 €

11.2.2 AMORTIZACIONES

En la Tabla M.16 se muestra los años de amortización, así como el coste anual para la obra civil de la planta de tratamiento y depósitos y los equipos que componen el tratamiento secundario de la EDAR.

Tabla M. 16: Amortizaciones.

Elemento	Ud.	Precio Ud. (€)	Importe (€)	Periodo de amortización (años)	Amortización (€/año)
Bombas TH-MBR	2	13.105,09	26.210,18	10	2.621,02
Bombas recirculación interna	6	13.105,09	78.630,54	10	7.863,05
Bombas recirculación externa	4	21.115,77	84.463,08	10	8.446,31
Bombas permeado	4	6.294,16	25.176,64	10	2.517,66
Bombas dosificadoras hipoclorito/ácido cítrico	8	2.436,80	19.494,40	10	1.949,44
Bombas dosificadoras cloruro férrico	2	859,60	1.719,20	10	171,92
Membranas	-	74,92	936.460,61	10	93.646,06
Depósitos reactivos 50 L	4	74,15	296,6	10	29,66
Tanques de permeado 19 m ³	2	9.907,14	19.814,28	10	1.981,43
Depósito cloruro férrico 250 L	1	161,73	161,73	10	16,17
Sensores caudal	12	328,90	3.946,80	10	394,68
Sensores temperatura	6	74,50	447,00	10	44,70
Sensores pH	6	1,00	6,00	10	0,60
Sensores nivel	8	225,00	1.800,00	10	180,00
Difusores	576	37,28	21.473,28	10	2.147,33
Soplantes	6	-	40.534,28	10	4.053,43
Parrillas	2	12.200,00	24.400,00	10	2.440,00
Reactor	475	100,00	47.500,00	25	1.900,00
Sensores OD	6	191,10	1.146,60	10	114,66
Agitadores	2	10.815,39	21.630,78	12	1.802,57
Microtamiz	1	17.463,00	17.463,00	10	1.746,30
Nave de soplantes	40	572,34	22.893,60	25	915,74
TOTAL					135.034,06 €

11.2.3 GASTOS INDIRECTOS

Los gastos indirectos hacen referencia a aquellos que no dependen de la cantidad de producto producido, como pueden ser el consumo eléctrico de alumbrado o los trabajadores de la planta y de mantenimiento, así como el personal de limpieza.

El consumo eléctrico del alumbrado no se ha tenido en cuenta en los gastos, ya que se ha considerado que esos gastos ya forman parte de la planta existente.

El gasto previsto en mano de obra se presenta en la tabla M.17.

Tabla M. 17: Gasto de personal.

Personal	Unidades	Coste (€/año)
Operario	1	21.000,00
Limpieza prevista	1	12.000,00
Mantenimiento preventivo y por imprevistos	1	2.000,00
TOTAL		35.000,00

Se requerirá la mano de obra de un operario y un técnico de laboratorio, que dedicará el 15% de su jornada laboral a analizar el agua de los puntos de toma de muestra de entrada y salida del reactor biológico. Se considerará que el técnico de laboratorio, ya forma parte de la plantilla actual de la EDAR, razón por la cual no se toma en cuenta en los gastos de personal.

Para el mantenimiento de la instalación será necesaria la contratación de una serie de revisiones periódicas para comprobar el óptimo funcionamiento de los equipos, en especial de las membranas del MBR. Las membranas no requieren muchas revisiones periódicas, aunque se aconseja que sea una vez al año. Para ello se requiere la asistencia de un técnico de la empresa proveedora de las membranas, ya que él evaluará el estado de las mismas y si fuese necesario la sustitución debido al ensuciamiento o cualquier otro problema. El coste asociado se estima en 2.000 €/año para el técnico de mantenimiento. El coste asociado a la limpieza anual prevista se estima en 12.000 €.

El total de gastos indirectos, sería la suma del coste de personal y amortizaciones.

En la tabla M.18 se muestra el resumen de los gastos indirectos y el total.

Tabla M. 18: Gastos Indirectos.

Tipo de Gastos Indirectos	Total (€)
Amortizaciones	135.034,06
Personal	35.000,00
TOTAL	170.034,06 €

11.2.4 GASTOS TOTALES

El presupuesto de explotación anual es la suma de gastos directos e indirectos. Por tanto, los gastos anuales de la EDAR previstos ascienden a: **332.776,89 €**.

En la Tabla M.19 se recoge el valor de los gastos que forman parte de los gastos totales.

Tabla M. 19: Gastos totales.

Tipo de gasto	Coste (€/año)
Gastos directos	162.742,83 €
Gastos indirectos	170.034,06 €
TOTAL	332.776,89 €

11.3 BENEFICIO

El cálculo del coste de la producción, se realiza teniendo en cuenta el presupuesto de explotación y la producción anual de agua:

$$\frac{332.776,89 \text{ €}}{1 \text{ año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{2190000 \text{ m}^3} = 0,15 \text{ €/m}^3$$

Así pues, la producción de 1 m³ de agua se estima en 0,11 €/m³

La depuración de las aguas residuales en la mayoría de casos no conlleva beneficios, ya que se trata de un servicio. Pero para poder llevar a cabo el estudio de viabilidad económica se estima un precio de venta del agua de **0,2549 €/m³**.

Para obtener este valor se estima por una parte el precio de agua depurada de una planta completa con MBR, dividiendo los gastos totales, 797.543 €/año, entre el caudal de agua a

depurar. Del valor obtenido supongo que el 70% corresponde al precio de agua depurada por el MBR.

Teniendo en cuenta el precio de venta, se estimarán los beneficios.

11.3.1 BENEFICIO BRUTO

Para el cálculo del beneficio bruto se tiene en cuenta la variación del IPC (Índice de Precios al Consumo) anual que se considera que es de un 2,5%. El beneficio bruto se halla restando los ingresos menos los gastos totales.

Se calculan los beneficios hasta 15 años, teniendo en cuenta los ingresos y gastos totales previstos, tal y como se muestra en la Tabla M.20.

Tabla M. 20: Beneficio bruto.

Horizonte (años)	Gastos Totales (€)	Ingresos (€)	Beneficio bruto (€)
1	332.776,89	558.318,60	225.541,71
2	341.096,31	572.276,57	231.180,26
3	349.623,72	586.583,48	236.959,76
4	358.364,31	601.248,07	242.883,76
5	367.323,42	616.279,27	248.955,85
6	376.506,50	631.686,25	255.179,75
7	385.919,17	647.478,41	261.559,24
8	395.567,14	663.665,37	268.098,22
9	405.456,32	680.257,00	274.800,68
10	415.592,73	697.263,42	281.670,69
11	425.982,55	714.695,01	288.712,46
12	436.632,11	732.562,39	295.930,27
13	447.547,92	750.876,45	303.328,53
14	458.736,61	769.648,36	310.911,74
15	470.205,03	788.889,57	318.684,54

11.3.2 BENEFICIO NETO

El beneficio neto se obtiene restando al beneficio bruto anual obtenido anteriormente un 30% por impuestos de sociedades. Los resultados quedan reflejados en la Tabla M.21.

Tabla M. 21: Beneficio neto.

Horizonte (años)	Beneficio bruto (€)	Beneficio neto (€)
1	225.541,71	157.879,20
2	231.180,26	161.826,18
3	236.959,76	165.871,83
4	242.883,76	170.018,63
5	248.955,85	174.269,10
6	255.179,75	178.625,82
7	261.559,24	183.091,47
8	268.098,22	187.668,75
9	274.800,68	192.360,47
10	281.670,69	197.169,49
11	288.712,46	202.098,72
12	295.930,27	207.151,19
13	303.328,53	212.329,97
14	310.911,74	217.638,22
15	318.684,54	223.079,18
PROMEDIO		188.738,55 €

11.4 FLUJO DE CAJA

El flujo de caja (FC) representa el flujo económico de entrada y salida en una empresa en un periodo determinado.

El flujo de caja se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$FC = \text{Beneficio neto} + \text{Amortización}$$

En la tabla M.22 se muestran los resultados de los flujos de caja para un horizonte de 15 años.

Tabla M. 22: Flujo de caja.

Horizonte (años)	Beneficio neto (€)	Amortizaciones(€)	FC (€)
1	157.879,20	135.034,06	292.913,26
2	161.826,18	138.409,91	300.236,09
3	165.871,83	141.870,16	307.741,99
4	170.018,63	145.416,91	315.435,54
5	174.269,10	149.052,34	323.321,43
6	178.625,82	152.778,65	331.404,47
7	183.091,47	156.598,11	339.689,58
8	187.668,75	160.513,06	348.181,82
9	192.360,47	164.525,89	356.886,36
10	197.169,49	168.639,04	365.808,52
11	202.098,72	172.855,01	374.953,74
12	207.151,19	177.176,39	384.327,58
13	212.329,97	181.605,80	393.935,77
14	217.638,22	186.145,94	403.784,16
15	223.079,18	190.799,59	413.878,77

11.5 VALOR ACTUAL NETO

El Valor Actual Neto (VAN) es un indicador de la rentabilidad de un proyecto. Pueden darse tres casos:

- VAN < 0: indica que un proyecto no es rentable en un determinado período de tiempo.
- VAN > 0: el proyecto es rentable, las ganancias superan a los costes
- VAN = 0: el proyecto no genera ni pérdidas ni ganancias.

Para su cálculo se utiliza la siguiente expresión:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^{n=20} \frac{FC_n}{(1 + i_r)^n}$$

Siendo:

I_0 : Inversión inicial = 2.640.362,40 €

n: Año del horizonte a considerar (n= 15 años)

FC_n : Flujo de caja en un determinado año n.

i_r : Tipo de interés nominal (se considera un valor de 1,3 %)

En la tabla M.23 se exponen los resultados obtenidos del VAN en un periodo de 15 años.

Tabla M. 23: VAN.

Horizonte (años)	FC (€)	VAN
1	292.913,26	-2.462.075,34
2	300.236,09	-2.169.495,76
3	307.741,99	-1.873.450,29
4	315.435,54	-1.573.897,86
5	323.321,43	-1.270.796,93
6	331.404,47	-964.105,47
7	339.689,58	-653.780,94
8	348.181,82	-339.780,30
9	356.886,36	-22.060,01
10	365.808,52	299.423,99
11	374.953,74	624.716,29
12	384.327,58	953.862,01
13	393.935,77	1.286.906,79
14	403.784,16	1.623.896,81
15	413.878,77	1.964.878,82

Analizando los datos a 15 años, el proyecto es rentable ya que el valor del VAN en el 15º año es positivo, con un valor de **1.964.878,82 €**.

11.6 TASA INTERNA DE RENTABILIDAD

La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) ofrece la tasa de rentabilidad de un proyecto con un determinado valor de inversión.

Se calcula con la siguiente expresión:

$$0 = -I_0 + \sum_{n=1}^{n=20} \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n}$$

Donde:

I_0 : Inversión inicial

n = Año del horizonte a considerar (n = 20 años)

FC_n : Flujo de caja en un determinado año

De esta manera, se ha obtenido un valor de TIR de 8,79%, superior al interés nominal actual (3%), por lo que se refuerza que el proyecto es viable económicamente.

11.7 PERIODO DE RETORNO

El período de retorno (PR) es un parámetro que indica aproximadamente el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial de un proyecto. Se halla mediante la siguiente ecuación:

$$PR = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Beneficio neto anual promedio}}$$

Teniendo en cuenta los parámetros necesarios para hallar el PR:

— Inversión inicial = 2.751.229,60 €

— Beneficio neto anual promedio = 188.738,55 €

Se obtiene que el periodo de retorno es de **14 años y 212 días**.

11.8 CONCLUSIÓN FINAL

El presente proyecto tiene como objetivo comparar algunos tipos de tecnología de tratamiento secundario, como el tratamiento de fangos activos convencionales, aireación prolongada y el MBR, teniendo en cuenta no solamente los aspectos económicos, sino también los aspectos técnicos y de operación.

Uno de los puntos más interesantes de la tecnología MBR, es el hecho que ocupa menos espacio que las tecnologías antes mencionadas. En la tabla M.24 se refleja las diferentes superficies que ocupan cada una de las tecnologías.

Tabla M. 24: Espacio ocupado por cada tecnología de tratamiento secundario.

Superficie total ocupada por el tratamiento biológico por fangos activos convencional (m ²)	Superficie total ocupada por el tratamiento biológico por aireación prolongada (m ²)	Superficie total ocupada por el tratamiento biológico por MBR (m ²)
1.215,71 ●	1.640,602	439,23

● Este valor se ha estimado de acuerdo a la bibliografía utilizada, cuyos cálculos se detallan en el *Presupuesto*.

Como se puede observar en la tabla, la superficie ocupada por el MBR es mínima respecto a los fangos activos y a la aireación prolongada, esto se debe a que el MBR sustituye al decantador primario y secundario en el caso de los fangos activos convencionales y al decantador secundario en el caso de la aireación prolongada. Teniendo en consideración lo anteriormente expuesto, se puede considerar una clara opción la implantación del MBR, ya que es ideal para ampliaciones de estaciones depuradoras en las que se carece de espacio.

Otro punto a favor de la tecnología MBR, es que genera poca cantidad de fangos, respecto a la aireación prolongada y los fangos activos convencionales, y el fango en exceso generado prácticamente está seco, que no requiere de un tratamiento de fangos posterior, puesto que el fango extraído contiene poca cantidad de agua en su interior, ahorrando así el coste en tratar los fangos.

Un aspecto a tener en cuenta es que los MBR requieren una elevada demanda de aireación, porque necesitan airear no solamente la zona aerobia del reactor sino también la zona donde se depositan las membranas, ya que la aireación cumple 3 funciones: homogenizar el licor mezcla del tanque, proporcionar la cantidad de oxígeno necesario para el proceso biológico y favorecer la limpieza de las membranas.

Si se compara el MBR con el tratamiento por aireación prolongada o por fangos activos convencionales, éstos también requieren de aireación para llevar a cabo los procesos biológicos, sin embargo la demanda en los MBR es superior a ambas, por lo que si se si tiene que elegir alguna de las tecnologías, la tecnología MBR podría llegar ser adecuada y la más innovadora, ya que permite niveles de depuración del agua superiores a las exigidas por la legislación vigente y si se exigiese niveles de depuración más estrictos en un futuro, no habría problema.

Como desventaja del MBR, cabría destacar el hecho de que es una tecnología cara, ya que requiere de equipos especializados y de un elevado gasto energético. Las membranas suelen tener un coste elevado, aunque con la creciente demanda de los MBR como la tecnología del futuro, está reduciendo sus precios. En lo que respecta al elevado consumo energético, es un aspecto que no se puede obviar, sin embargo dado que es una necesidad fundamental para operar, lo que se hace es aprovechar al máximo los equipos de aireación, es decir que se intenta evitar que haya grandes pérdidas de aire en las zonas donde se airea.

En cuanto a los costes de implantación de un MBR, su coste puede llegar a ser similar a un sistema convencional similar. Para valorar los costes de inversión de las diferentes opciones de tratamiento secundario, se procede a hacer una tabla comparativa, en la que se refleje los costes de inversión inicial de cada una de ellas, tal como se muestra en la tabla M.25.

Tabla M. 25: Inversión inicial de cada opción de tratamiento biológico.

Inversión inicial del tratamiento con fangos activos convencional (€)	Inversión inicial del tratamiento con aireación prolongada (€)	Inversión inicial del tratamiento con MBR (€)
1.147.291,34 ★	639.581,48 ◆	2.751.229,60

★ Este valor se ha estimado de acuerdo a la bibliografía utilizada, cuyos cálculos se detallan en el *Presupuesto*.

◆ Dato extraído del TFG de Claudia Chordá, titulado “*Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR*”.

Como se puede ver en la tabla, la inversión inicial en el caso del MBR es muy elevada respecto al tratamiento con fangos activos y con aireación prolongada.

Este inconveniente quizá se puede compensar con el hecho de que la tecnología MBR permite obtener una gran calidad de efluente, que cumple con la legislación más exigente,

pudiendo incluso reutilizar el agua si la empresa lo requiere. Además, los sistemas MBR en comparación con el de fangos activos y los de aireación prolongada, pueden tratar influentes difíciles, con grandes concentraciones de sólidos en suspensión junto con elevadas edades del fango, lo que hace que el MBR requiera menos volumen de reactor y de espacio en general.

Con la finalidad de poder analizar la viabilidad económica de este proyecto, se supone un precio de venta del agua depurada que será de 0,255 €/m³. Con este dato, se analiza si habrá un beneficio económico con la implantación del sistema MBR en una EDAR.

En la tabla M.26 se detallan algunos valores referentes al beneficio económico que determinarán si el proyecto es viable.

Tabla M. 26: Parámetros económicos obtenidos con la tecnología MBR.

Inversión inicial del proyecto (€)	VAN	TIR (%)	PR (años)
2.751.229,60	1.964.878,82	8,79	14,58

De acuerdo a los datos proporcionados por la tabla, cabe destacar que el MBR es una tecnología rentable a largo plazo, ya que el valor del VAN es positivo, lo cual sugiere que el proyecto diseñado es rentable, es decir que la inversión inicial producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida. Por tanto el proyecto se puede aceptar.

Sin embargo, a pesar del proyecto ser rentable, como así lo asegura también el valor del TIR, que es mayor al interés nominal actual (3%), la inversión inicial hecha para el proyecto no puede ser recuperada hasta dentro de 14,58 años, lo cual puede resultar el proyecto no del todo viable, ya que lo habitual suele ser unos 10 años. Pero, si se considera que la inversión inicial es muy elevada, quizá el periodo de retorno sea razonable.

En definitiva, a nivel técnico y económico las ventajas que ofrece la tecnología MBR frente a las tecnologías más convencionales son claras: excelentes rendimientos de depuración especialmente en temas de desinfección, puede trabajar con elevadas concentraciones de sólidos en suspensión a la par que ocupa menos espacio que los tratamientos convencionales, genera poca cantidad de fangos de desecho, lo cual repercute en un ahorro del tratamiento de los mismos y que el efluente generado tiene un menor impacto ambiental en el entorno, ya que el vertido a cauce público es de mayor calidad.

ANEXOS

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

ÍNDICE ANEXOS

ANEXO N°1 CÁLCULOS

ANEXO N°2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEXO N°3 EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

ANEXO N°4 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

ANEXO N°5 GESTIÓN DE RESIDUOS DE OBRA

ANEXO N°6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

ANEXO N°1

CÁLCULOS

ÍNDICE ANEXO N°1

1. DATOS DE PARTIDA	4
1.1. CAUDAL DE AGUA A DEPURAR	4
1.2. CONTAMINACIÓN MEDIA DEL AGUA A DEPURAR	5
2. CAUDALES DE DISEÑO	7
2.1. CAUDAL MEDIO	7
2.2. CAUDAL MÁXIMO	7
2.3. CAUDAL MÍNIMO	7
2.4. CAUDAL PUNTA	7
3. DISEÑO DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO	8
3.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE MEMBRANAS	9
3.1.1. CÁLCULO DEL ÁREA DE MEMBRANAS	9
3.1.2. CÁLCULO DEL VOLUMEN MÍNIMO DEL TANQUE DE MEMBRANAS.....	10
3.2. DISEÑO DEL PROCESO BIOLÓGICO	10
3.2.1. CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS AERÓBICO O EDAD DEL FANGO	11
3.2.2. CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA TOTAL.....	12
3.2.3. CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE AEROBIO	15
3.2.4. CÁLCULO DEL CAUDAL DE FANGO EN EXCESO.....	16
3.2.5. CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE ANÓXICO REQUERIDO PARA LA DESNITRIFICACIÓN.....	17
3.2.6. CÁLCULO DE SRT, HRT Y V TOTAL DEL PROCESO.....	20
3.2.7. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE OXÍGENO PARA EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO.....	21
3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE AIREACIÓN	21
4. DISEÑO DE EQUIPOS	25
4.1. DIMENSIONES DEL MBR	25

4.1.1.	TANQUE AEROBIO Y ANÓXICO	25
4.1.2.	TANQUE DE MEMBRANAS	26
4.2.	DISEÑO DE DIFUSORES	28
4.2.1.	DIFUSORES DE BURBUJA FINA	28
4.2.2.	DIFUSORES DE BURBUJA GRUESA.....	31
5.	LIMPIEZA DE LAS MEMBRANAS.....	33
5.1.	CAUDAL DE RETROLAVADO.....	35
5.2.	DEPÓSITO DE PERMEADO	35
5.3.	DEPÓSITOS DE REACTIVOS.....	36
5.3.1.	DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO	37
5.3.2.	DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DEL ÁCIDO CÍTRICO 38	
5.3.3.	DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DEL CLORURO FÉRRICO.....	39
6.	DISEÑO DE CONDUCCIONES	42
6.1.	TRAMO 1	42
6.2.	TRAMO 2	52
6.3.	TRAMO 3	55
6.4.	TRAMO 4	59
5.5.	TRAMO 5 Y 6.....	63
5.6.	TRAMO 7	64

1. DATOS DE PARTIDA

Se supone una población de 20.000 habitantes.

El agua a depurar es tanto urbana como industrial y se considera una contaminación media.

1.1. CAUDAL DE AGUA A DEPURAR

Para conocer el consumo de agua urbana se hace uso de la tabla A1.1 (proporcionada por la bibliografía), y se determina que para una población de 20000 habitantes se corresponde un consumo de agua de 250 l/hab/día.

Tabla A1. 1: Dotaciones de abastecimientos de agua.

Población en n° de habitantes	Consumos urbanos en l/hab/día, según usos				
	Doméstico	Industrias de la ciudad	Servicios Municipales	Fugas de redes y varios	TOTAL
Hasta 1000	60	5	10	25	100
1000 a 6000	70	30	25	25	150
6000 a 12000	90	50	35	25	200
12000 a 50000	110	70	35	25	250
50000 a 250000	125	100	50	25	300
Más de 250000	165	150	60	25	400

Conocido el consumo de agua urbana, se procede al cálculo del caudal medio urbano, multiplicando el consumo de agua urbana por el número de habitantes equivalentes:

$$Q_{urbano} = 250 \frac{l}{hab \cdot d} \cdot 20000 \text{ hab} = 5000000 \frac{l}{d} = 5000 \frac{m^3}{d}$$

Para el cálculo del caudal medio de agua industrial se supone que el 20% del caudal medio de agua urbana se corresponde con el caudal medio de agua industrial:

$$Q_{industrial} = \frac{20}{100} \cdot 5000 = 1000 \frac{m^3}{d}$$

Por tanto, el caudal medio total de agua a tratar en la depuradora es:

$$Q_m = Q_{urbano} + Q_{industrial} = 5000 + 1000 = 6000 \frac{m^3}{d}$$

1.2. CONTAMINACIÓN MEDIA DEL AGUA A DEPURAR

Para determinar la contaminación media total del agua que se va a depurar se hace uso de la tabla A1.2, para determinar la contaminación media de las aguas urbanas, y para determinar la contaminación media del agua industrial se hace uso de la tabla A1.3, extraída de la bibliografía.

Tabla A1. 2: Características de las aguas residuales urbanas

Parámetro	Contaminación Fuerte	Contaminación Media	Contaminación Ligera
Sólidos totales	1000	500	200
Volátiles	700	350	120
Fijos	300	150	80
Sólidos en suspensión	500	300	100
Volátiles	400	250	70
Fijos	100	50	30
Sólidos sedimentables	250	180	40
Volátiles	100	72	16
Fijos	150	108	24
Sólidos disueltos	500	200	100
Volátiles	300	100	50
Fijos	200	100	50
DBO ₅ a 20°C	300	200	100
DQO	800	450	160
Oxígeno disuelto	0	0,1	0,2
Nitrógeno total (N)	86	50	25
Orgánico (N)	35	20	10
Amoniaco libre N-NH ₄	50	30	15
Nitritos N-NO ₂	0,10	0,05	0,00
Nitratos N-NO ₃	0,40	0,2	0,10
Fósforo total (P)	17	7	2
Cloruros	175	100	15
pH	6,9	6,9	6,9
Grasas	40	20	0
Valores en mg/l con excepción del pH.			

Tabla A1. 3: Características del agua residual industrial

pH	4,5
DQO (g/m³)	3185
DBO₅ (g/m³)	2100
NTK (g/m³)	92
P_T (g/m³)	16,6
SST (g/m³)	478

Teniendo en cuenta los datos de la tabla anterior y que del caudal total a depurar (6000 m³/d), el 83,33 % se corresponde al caudal urbano y el 16,67 % al caudal industrial, se calcula la contaminación media total de ambos tipos de aguas, obteniendo la tabla A1.4:

Tabla A1. 4: Contaminación Media Total

Contaminantes	Contaminación Urbana	Contaminación Industrial	Contaminación Total
pH	6,9	4,5	5,3
DQO (mg/l)	450	3185	905,8
DBO ₅ (mg/l)	200	2100	516,7
NTK(mg/l)	50	92	57
PT(mg/l)	7	16,6	8,6
SST (mg/l)	500	478	496,3

$$Contam\ Total = \frac{\% Q_{urbano} \cdot Contam\ Urbana + \% Q_{industrial} \cdot Contam\ Industrial}{\% Q_{urbano} + \% Q_{industrial}}$$

Para el caso del pH total se usa la siguiente expresión:

$$pH_{Total} = \frac{-\log(10^{-Contam\ Urb} \times \% Q_{urbano} + 10^{-Contam\ Ind} \times \% Q_{industrial})}{\% Q_{urbano} + \% Q_{industrial}}$$

2. CAUDALES DE DISEÑO

2.1. CAUDAL MEDIO

El caudal medio diario (Q_m), es la suma de los caudales de aguas urbanas e industriales. Es el parámetro de caudal en función del cual se diseña la capacidad de la estación depuradora. Se calcula como en el punto 1.1:

$$Q_m = Q_{urbano} + Q_{industrial} = 5000 + 1000 = 6.000 \text{ m}^3/d$$

2.2. CAUDAL MÁXIMO

El caudal máximo (Q_{max}), es el valor máximo de caudal que accede a la EDAR. Se suele utilizar para el dimensionado de aquellos elementos que tienen retención hidráulica. Puede estimarse gracias a un coeficiente (k_p), que relaciona el caudal medio con el caudal máximo. El valor de k_p puede tomar un valor comprendido entre 1,5 y 2,5. En este caso, se optará por tomar un valor de 2, ya que es un valor intermedio.

$$Q_{max} = k_p \cdot Q_m = 2 \cdot 6000 = 12.000 \text{ m}^3/d$$

2.3. CAUDAL MÍNIMO

El caudal mínimo (Q_{min}) es el valor mínimo de caudal diario y está ligado normalmente a periodos de sequía. Puede estimarse gracias a un coeficiente (k) que relaciona el caudal medio con el caudal mínimo. El valor de k puede oscilar entre 0,3 y 0,5. En este caso, el valor de k será 0,3.

$$Q_{min} = k \cdot Q_m = 0,3 \cdot 6000 = 1.800 \text{ m}^3/d$$

2.4. CAUDAL PUNTA

El caudal punta (Q_p) es el caudal máximo que podrá soportar la EDAR. Se puede considerar que el caudal punta será 1,8 veces mayor que el caudal medio para cargas orgánicas de naturaleza doméstica.

$$Q_p = 1,8 \cdot Q_m = 1,8 \cdot 6000 = 10.800 \text{ m}^3/d$$

3. DISEÑO DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO

El agua residual tratada en el tratamiento primario es llevada hacia el tratamiento secundario, pero debido a que el reactor de membranas es muy sensible a la cantidad de sólidos es preciso colocar como parte del tratamiento primario un microtamiz, que reduzca la cantidad de sólidos y una balsa de homogeneización, que regule el caudal que entra al MBR, ya que de este modo en el reactor se tratará un caudal constante.

Debido a que el presente proyecto está centrado únicamente en el estudio y diseño del tratamiento secundario, no se dispone de datos exactos acerca de los porcentajes de reducción de los diferentes contaminantes presentes en el agua residual en el tratamiento primario, razón por la cual se extraen dichos datos de la bibliografía utilizada (Tratamiento, vertido y reutilización de Metcalf & Eddy Vol. 1 Español pág. 195 y 417).

La tabla A1.5 detalla los porcentajes de reducción del tratamiento primario.

Tabla A1. 5: Porcentajes de reducción del tratamiento primario

Contaminantes	% de reducción
pH	6,5-7,5
DQO (g/m ³)	30
DBO ₅ (g/m ³)	30
NTK (g/m ³)	15
P _T (g/m ³)	15
SST (g/m ³)	95 ★
<i>★ Dato habitual de reducción de SST es 55 %, pero al utilizar microtamices el porcentaje de reducción aumenta al 95 %.</i>	

Teniendo en cuenta los porcentajes de reducción de los diferentes contaminantes del agua residual de la tabla anterior, se calcula la cantidad de contaminantes que no se han reducido, es decir la cantidad de contaminantes que se van a tratar en el tratamiento secundario (MBR) y se obtiene los datos proporcionados por la tabla A1.6, los cuales se tomarán como punto de partida para los cálculos posteriores:

Tabla A1. 6: Contaminantes a la entrada del MBR.

Q (m³/d)	6.000
pH	5,3
DQO (g/m³)	634,1
DBO₅ (g/m³)	361,7
NTK (g/m³)	48,5
P_T (g/m³)	7,3
SST (g/m³)	24,8

3.1.DISEÑO DEL SISTEMA DE MEMBRANAS

Para el diseño del reactor de membranas se usa el caudal pico, pero debido a que antes del MBR se coloca la balsa de homogeneización, se usará para el diseño el caudal medio.

Se usará para diseñar el sistema de membranas, unas membranas sumergidas de fibra hueca de ultrafiltración de Zenon el modelo ZW500C.

3.1.1. CÁLCULO DEL ÁREA DE MEMBRANAS

Para el cálculo del área de membrana requerido se usa la siguiente expresión:

$$A_m = \frac{Q}{J_{net}^*} \quad (A1.1)$$

$$A_m = \frac{250.000}{20} = 12500 \text{ m}^2$$

Dónde:

A_m : Área de las membranas, m²

Q: Caudal medio de agua residual a tratar, L/h

J_{net}^* : Flujo neto, L/m²·h (LMH). Es un dato tomado de la tabla 3.28 del libro “The MBR Book” pág. 246.

3.1.2. CÁLCULO DEL VOLUMEN MÍNIMO DEL TANQUE DE MEMBRANAS

Considerando un valor para la densidad de empaquetamiento de la membrana en el tanque de membrana basado en los datos del fabricante, se puede determinar el volumen mínimo del tanque de membrana.

$$V_{m,min} = \frac{A_m}{\varphi_{tank}} \quad (A1.2)$$

$$V_{m,min} = \frac{12.500}{215} = 58,14 \text{ m}^3$$

Dónde:

$V_{m,min}$: Volumen mínimo del tanque de membrana, m³

φ_{tank} : Densidad de empaquetamiento de la membrana en el tanque de membranas, m²/m³

Dato extraído de los datos del fabricante de las membranas Zenon, en la pág. 472 del libro “The MBR Book”.

3.2. DISEÑO DEL PROCESO BIOLÓGICO

La tabla A1.7 muestra los parámetros cinéticos usados para el diseño del proceso biológico, proporcionados por el libro *Tratamiento, vertido y reutilización de Metcalf & Eddy*:

Tabla A1. 7: Parámetros cinéticos

Coefficientes	Unidades	Rango	Valor elegido a 20°C	Valor a temperatura de diseño 15°C
$\mu_{n,m}$	g VSS/g VSS·d	0,2-0,9	0,45	0,32
K_0	g/m ³	0,4-0,6	0,5	0,5★
$k_{e,n}$	g VSS/g VSS·d	0,05-0,15	0,08	0,07
K_n	g NH ₄ -N/ m ³	0,5-1,0	0,74	0,57
K_S	g bCOD/m ³	5,0-40,0	20	20
k_e	g VSS/g VSS·d	0,06-0,20	0,12	0,10
μ_m	g VSS/g VSS·d	3,0-13,2	6	4,28
Y	g VSS/ g bCOD	0,3-0,5	0,4	0,4★
f_d	adimensional	0,08-0,20	0,15	0,15★
Y_n	g VSS/g NH ₄ -N	0,10-0,15	0,12	0,12★
★ Parámetros que no dependen de la temperatura, por lo que a 20 °C y a 15°C no varía su valor.				

3.2.1. CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS AERÓBICO O EDAD DEL FANGO

Antes del cálculo de la edad del fango, se calcula previamente la velocidad específica de crecimiento de las bacterias nitrificantes, usando la siguiente expresión:

$$\mu_n = \left(\frac{\mu_{n,m} * N_e}{K_n + N_e} \right) \cdot \left(\frac{DO}{K_0 + DO} \right) - k_{e,n} \quad (A1.3)$$

$$\mu_n = \left(\frac{0,32 * 1}{0,57 + 1} \right) \cdot \left(\frac{1,5}{0,5 + 1,5} \right) - 0,07 = 0,09 \text{ gVSS}/(\text{gVSS} \cdot \text{d})$$

Dónde:

μ_n : Velocidad específica de crecimiento de las bacterias nitrificantes, gVSS/ (gVSS· d)

$\mu_{n,m}$: Velocidad específica máxima de crecimiento de las bacterias nitrificantes, gVSS/ (gVSS· d).

N_e : Concentración de nitrógeno total en el efluente, mg/L. Este dato puede oscilar entre 1-2 mg/L, ya que en los procesos de desnitrificación en el efluente de una depuradora siempre queda una pequeña cantidad de nitrógeno. Se tomó el valor de 1.

DO: Oxígeno disuelto, mg/L. Este dato puede tomar valores mayores de 1 mg/L. Para el diseño se ha tomado 1,5.

K_0 : Coeficiente de saturación media del oxígeno disuelto.

$k_{e,n}$: Coeficiente de mortandad de las bacterias nitrificantes o coeficiente de degradación endógena, gVSS/ (gVSS· d).

K_n : Coeficiente de saturación medio para la nitrificación, g NH₄-N/m³.

Una vez calculado μ_n ya se puede calcular la edad del fango usando la expresión siguiente:

$$\theta_{x,aer} = SF \cdot \frac{1}{\mu_n} \quad (A1.4)$$

$$\theta_{x,aer} = 1,5 \cdot \frac{1}{0,09} = 17,17$$

Dónde:

$\theta_{x,aer}$: Tiempo de retención de sólidos o edad del fango aeróbico, d.

SF: Factor de seguridad. Oscila entre 1,3 y 2. El valor que se ha tomado para el diseño es 1,5.

3.2.2. CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA TOTAL

Para el cálculo de la producción de biomasa, se calcula previamente el valor de S_e , usando la ecuación A1.5:

$$S_e = \frac{K_S(1 + k_e \cdot \theta_{x,aer})}{\theta_{x,aer}(\mu_m - k_e) - 1} \quad (A1.5)$$

$$S_e = \frac{20(1 + 0,10 \cdot 17,17)}{17,17(4,28 - 0,10) - 1} = 0,76 \text{ g/m}^3$$

Dónde:

S_e : DBO₅ del efluente o concentración limitante del sustrato en el efluente, g/m³.

K_S : Coeficiente de saturación, g bCOD/m³.

k_e : Coeficiente de mortandad, gVSS/ (gVSS· d).

μ_m : Velocidad de crecimiento específico heterotrófico máximo, gVSS/ (gVSS· d)

El valor de S_e obtenido en la ecuación A1.5, se introduce en la expresión A1.6, sin embargo hay una incógnita, el valor de NO_x , la cual se resolverá usando la expresión A1.7, la cual está en función de la producción de biomasa. Para resolverlo se iterará ambas expresiones (A1.6 y A1.7):

$$M_{x,bio} = \frac{Q \cdot Y(S - S_e)}{1 + k_e \cdot \theta_{x,aer}} + \frac{f_d \cdot k_e \cdot Q \cdot Y(S - S_e)\theta_{x,aer}}{1 + k_e \cdot \theta_{x,aer}} + \frac{Q \cdot Y_n(NO_x)}{1 + k_{e,n} \cdot \theta_{x,aer}} \quad (A1.6)$$

$$M_{x,bio} = \frac{6000 \cdot 0,4(361,67 - 0,76)}{1 + 0,10 \cdot 17,17} + \frac{0,15 \cdot 0,10 \cdot 6000 \cdot 0,4(361,67 - 0,76)17,17}{1 + 0,10 \cdot 17,17} + \frac{6000 \cdot 0,12(NO_x)}{1 + 0,07 \cdot 17,17}$$

$$NO_x = TKN_{inf} - N_e - 0,12 \cdot \frac{M_{x,bio}}{Q} \quad (A1.7)$$

$$NO_x = 48,45 - 1 - 0,12 \cdot \frac{M_{x,bio}}{6000}$$

Dónde:

$M_{x,bio}$: Rendimiento o producción de la biomasa o del fango, g VSS/d.

Y: Coeficiente de crecimiento, g VSS/ g bCOD.

S: DBO₅ del influente o concentración del sustrato en el influente, g/m³.

f_d : Fracción de biomasa que permanece como células debridas, adimensional.

Y_n : Coeficiente de rendimiento del lodo de nitrificación, g VSS/ g NH₄-N.

NO_x : Concentración de TKN (nitrógeno total kjeldahl) oxidable a nitrato, g/m³.

TKN_{inf} : Concentración de TKN en el influente, g/m³.

Como resultado de la iteración de las expresiones A1.6 y A1.7, se obtiene que la producción de biomasa expresada en términos de sólidos en suspensión volátiles es:

$$M_{x,bio} = 416497,15 \text{ g VSS/d}$$

y que la concentración de TKN oxidable a nitrato es:

$$NO_x = 39,12 \text{ g/m}^3$$

Si en el cálculo de la producción del fango se tiene en cuenta los sólidos en suspensión volátiles no biodegradables y los sólidos en suspensión totales inertes del influente, el rendimiento total del fango se expresa así:

$$M_{X,TSS} = \frac{M_{x,bio}}{0,85} + Q(nbVSS + iTSS) \quad (A1. 8)$$

Donde:

$M_{X,TSS}$: Rendimiento total del fango, g MLSS (sólidos suspendidos del licor mezcla)/d

$nbVSS$: Sólidos suspendidos volátiles no biodegradables en el influente, g/m³

$iTSS$: Sólidos suspendidos totales inertes en el influente, g/m³

La ecuación 8 está en función de $nbVSS$ e $iTSS$, así que para calcular el rendimiento total del fango previamente se calculan esos parámetros, usando las expresiones siguientes:

$$TSS = TSS - VSS \quad (A1. 9)$$

$$iTSS = 27,70 - 9,70 = 18,01 \text{ g/m}^3$$

$$nbVSS = 1 - \frac{bpCOD}{pCOD} \quad (A1. 10)$$

$$nbVSS = 1 - \frac{317,04}{475,56} = 3,23 \text{ g/m}^3$$

$$bpCOD = f_{b,p} \cdot COD \quad (A1. 11)$$

$$bpCOD = 0,5 \cdot 634,08 = 317,04 \text{ g/m}^3$$

$$pCOD = (f_{b,p} + f_{u,p}) \cdot COD \quad (A1. 12)$$

$$pCOD = (0,5 + 0,25) \cdot 634,08 = 475,56 \text{ g/m}^3$$

Dónde:

TSS: Sólidos en suspensión totales, g/m^3

VSS: Sólidos en suspensión volátiles, g/m^3 . Se considera según la bibliografía que los VSS son el 35% de los TSS.

$bpCOD$: DQO particulada biodegradable, g/m^3

$pCOD$: DQO total particulada, g/m^3

$f_{b,p}$: Fracción de DQO lentamente biodegradable. Dato extraído de la tabla 3.26 del libro “The MBR Book” pág. 240.

COD: Demanda química de oxígeno, g/m^3

$f_{u,p}$: Fracción de DQO particulada no biodegradable. Dato extraído de la tabla 3.26 del libro “The MBR Book” pág. 240.

Obteniendo los valores de las expresiones anteriores, se calcula el valor de la producción total de biomasa mediante la ecuación A1.8:

$$M_{X,TSS} = \frac{M_{x,bio}}{0,85} + Q(nbVSS + iTSS)$$

$$M_{X,TSS} = \frac{416497,15}{0,85} + 6000(3,23 + 18,01) = 617416,65 \text{ g/d}$$

3.2.3. CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE AEROBIO

Para el cálculo del volumen del tanque aerobio, previamente se fija por un lado el valor de X_{aer} , que para el diseño se toma el valor de 8000 g/m^3 (según la bibliografía éste parámetro puede variar entre 4000 y 10000 g/m^3) y por otro lado se fija el valor de X_m , que se adoptará para el diseño el valor de 10000 g/m^3 (según la bibliografía puede variar entre 4000 y 14000 g/m^3). Ambos parámetros se utilizarán para determinar el valor de r_{mr} .

Conociendo los valores de X_{aer} y X_m se despeja r_{mr} de la expresión siguiente:

$$X_{aer} = X_m \left(\frac{r_{mr}}{1 + r_{mr}} \right) \quad (A1.13)$$

Obteniendo:

$$r_{mr} = \frac{X_{aer}}{X_m - X_{aer}} \quad (A1.14)$$

$$r_{mr} = \frac{8000}{10000 - 8000} = 4$$

Dónde:

X_{aer} : Concentración de sólidos en suspensión del licor mezcla en la zona aerobia, g/m³

X_m : Concentración de sólidos en suspensión del licor mezcla en el tanque de membranas, g/m³

r_{mr} : Relación de recirculación de la membrana.

Con los valores de X_{aer} , $M_{X,TSS}$ y $\theta_{x,aer}$ se calcula el volumen del tanque aerobio haciendo uso de la expresión siguiente:

$$V_{aer} = \frac{M_{X,TSS} \cdot \theta_{x,aer}}{X_{aer}} \quad (A1.15)$$

$$V_{aer} = \frac{617416,65 \cdot 17,17}{8000} = 1325,16 \text{ m}^3$$

Dónde:

V_{aer} : Volumen del tanque aerobio, m³

Como cálculo adicional se calcula el HRT_{aer} tal como se muestra a continuación:

$$HRT_{aer} = \frac{V_{aer}}{Q} \quad (A1.16)$$

$$HRT_{aer} = \frac{1325,16}{6000} \cdot 24 = 5,3 \text{ h}$$

Dónde:

HRT_{aer} : Tiempo de retención hidráulico, h

3.2.4. CÁLCULO DEL CAUDAL DE FANGO EN EXCESO

Conociendo los valores de V_{aer} y $\theta_{x,aer}$ se procede al cálculo del caudal de fango en exceso, usando la ecuación siguiente:

$$Q_w = \frac{V_{aer}}{\theta_{x,aer}} \quad (A1.17)$$

$$Q_w = \frac{1325,16}{17,17} = 77,18 \text{ m}^3/d$$

Dónde:

Q_w : Caudal de fango en exceso, g/m³

3.2.5. CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL TANQUE ANÓXICO REQUERIDO PARA LA DESNITRIFICACIÓN

Para el cálculo del volumen del tanque anóxico, previamente se calcula el valor de r_{int} , mediante la siguiente expresión:

$$r_{int} = \frac{NO_x}{NO_e} - 1 \quad (A1. 18)$$

$$r_{int} = \frac{39,12}{6} - 1 = 5,52$$

Dónde:

r_{int} : Relación de recirculación de los nitratos.

NO_e : Concentración de nitratos deseado en el efluente, g/m³. Se toma el valor de 6, ya que es el valor sugerido por la bibliografía.

Conociendo los valores de r_{int} , Q , V_{aer} , $\theta_{x,aer}$, Y , S , S_e y k_e , se calcula el valor de $X_{b,anox}$ usando la siguiente expresión:

$$X_{b,anox} = \left(\frac{Q \cdot \theta_{x,aer}}{V_{aer}} \right) \left(\frac{Y(S - S_e)}{1 + k_e \cdot \theta_{x,aer}} \right) \left(\frac{r_{int}}{r_{int} + 1} \right) \quad (A1. 19)$$

$$X_{b,anox} = \left(\frac{60000 \cdot 17,17}{1325,16} \right) \left(\frac{0,4(361,67 - 0,76)}{1 + 0,10 \cdot 17,17} \right) \left(\frac{5,52}{5,52 + 1} \right) = 3527,67 \text{ g/m}^3$$

Dónde:

$X_{b,anox}$: Concentración de biomasa activa en la zona anóxica, g/m³

Conociendo los valores de Q , NO_e y r_{int} , se calcula el valor de $NO - loading$, mediante la siguiente ecuación:

$$NO - loading = Q \cdot r_{int}(NO_e) \quad (A1. 20)$$

$$NO - loading = 6000 \cdot 5,52(6) = 198720,34 \text{ g/d}$$

Dónde:

NO - loading: Carga de nitrato en la zona anóxica, g/d

Para determinar el volumen del tanque anóxico, se hace un cálculo iterativo.

El proceso iterativo comienza suponiendo un valor de HRT_{anox} , posteriormente se calcula los valores de V_{anox} , $\frac{F}{M_b}$ y de la fracción de bCOD usando las expresiones siguientes:

$$V_{anox} = \frac{HRT \cdot Q}{24} \quad (A1.21)$$

$$\frac{F}{M_b} = \frac{Q \cdot S}{V_{anox} \cdot X_{b,anox}} \quad (A1.22)$$

$$Fracción \text{ de } rbCOD = \frac{rbCOD}{bCOD} \cdot 100 \quad (A1.23)$$

Dónde:

HRT_{anox} : Tiempo de retención hidráulica en la zona anóxica, h.

V_{anox} : Volumen del tanque anóxico, m³

$\frac{F}{M_b}$: Relación entre la concentración de alimento y la biomasa activa (microorganismos) en la zona anóxica o también llamada carga másica en la zona anóxica, g DBO₅/g TSS·d.

Fracción de rbCOD: Fracción de DQO rápidamente biodegradable.

rbCOD: Concentración de DQO rápidamente biodegradable, g/m³. Debido a que no se dispone de este dato, se estima su valor según la bibliografía que es igual al 25% de bCOD.

bCOD: Concentración de DQO biodegradable, g/m³. Según la bibliografía $bCOD = 1,6 \cdot DBO_5$.

Con los valores de $\frac{F}{M_b}$ y la fracción de rbCOD, se obtiene el valor de SDNR a 20°C empíricamente mediante la figura A1.1 del libro "The MBR Book" pág. 85.

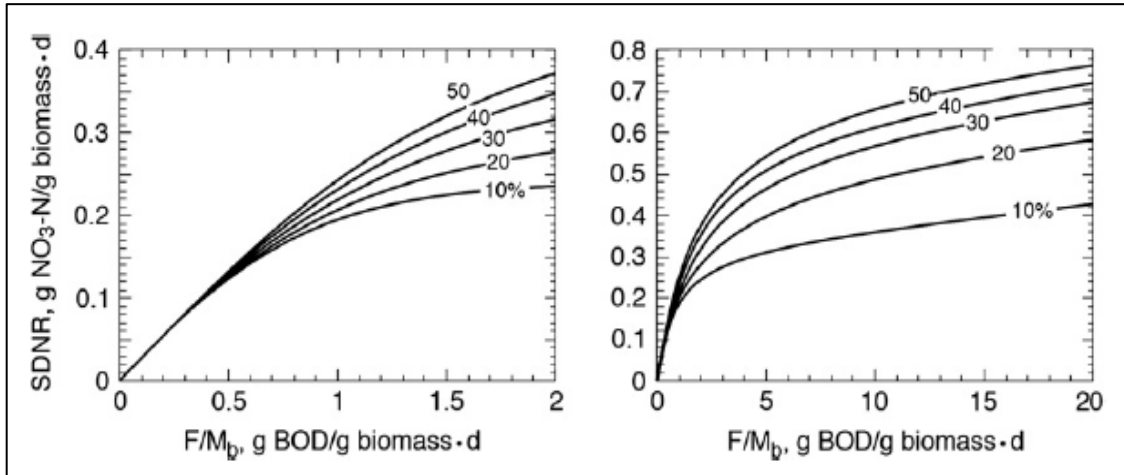


Figura A1. 1: Curvas cinéticas de nitrificación.

Como el diseño se hace para una temperatura de 15°C, el valor de SDNR hay que corregirlo a esta temperatura tal como se muestra a continuación:

$$SDNR (15^{\circ}C) = SDNR (20^{\circ}C) \cdot 1,026^{15-20} \quad (A1. 24)$$

Con los datos calculados anteriormente, se calcula el valor de NO_r mediante la siguiente expresión:

$$NO_r = V_{anox} \cdot SDNR \cdot X_{b,anox} \quad (A1. 25)$$

Dónde:

NO_r : Capacidad de desnitrificación, g/d

SDNR: Velocidad de desnitrificación específica, g NO_3 -N/g VSS

El proceso iterativo finaliza cuando el valor de NO_r es lo suficientemente superior al valor de $NO - loading$. Dando como resultados los mostrados a continuación:

$$HRT_{anox} = 1,3 \text{ horas}$$

$$V_{anox} = \frac{HRT \cdot Q}{24} = \frac{1,3 \cdot 6000}{24} = 325 \text{ m}^3$$

$$\frac{F}{M_b} = \frac{Q \cdot S}{V_{anox} \cdot X_{b,anox}} = \frac{6000 \cdot 361,67}{1325,16 \cdot 198720,34} = 1,89$$

$$\text{Fracción } bCOD = \frac{rbCOD}{bCOD} \cdot 100 = \frac{144,67}{578,67} \cdot 100 = 25 \%$$

$$SDNR (15^{\circ}\text{C}) = SDNR (20^{\circ}\text{C}) \cdot 1,026^{15-20} = 0,295 \cdot 1,026^{15-20} = 0,26 \text{ g/g} \cdot d$$

$$NO_r = V_{anox} \cdot SDNR \cdot X_{b,anox} = 700 \cdot 0,12 \cdot 2787,36 = 297479,18 \text{ g/d}$$

$$NO - loading = 198720,34 \text{ g/d}$$

Como se puede ver, el valor de NO_r es lo suficientemente superior a $NO - loading$, por tanto, el resultado obtenido para $HRT_{anox} = 1,3$ horas se da por válido. Siendo la diferencia entre ambas de 1,52 como se muestra a continuación:

$$\frac{NO_r}{NO - loading} = \frac{297479,18}{198720,34} = 1,50$$

3.2.6. CÁLCULO DE SRT, HRT Y V TOTAL DEL PROCESO

Tras los cálculos hechos en la zona aerobia y la zona anóxica, se procede al cálculo de SRT, HRT y V total del proceso biológico.

- Para el cálculo del volumen del proceso se utiliza la expresión siguiente:

$$V_{process} = V_{anox} + V_{aer} \quad (A1. 26)$$

$$V_{process} = 325 + 1325,16 = 1650,16 \text{ m}^3$$

Dónde:

$V_{process}$: Volumen total del proceso biológico, m^3

- Para el cálculo del SRT del proceso, previamente se calcula X_{anox} :

$$X_{anox} = X_{aer} \left(\frac{r_{int}}{1 + r_{int}} \right) \quad (A1. 27)$$

$$X_{anox} = 8000 \left(\frac{5,52}{1 + 5,52} \right) = 6773,01 \text{ g/m}^3$$

Dónde:

X_{anox} : Concentración de los sólidos en suspensión del licor mezcla en la zona anóxica, g/m^3

Con el valor obtenido anteriormente se procede al cálculo de $\theta_{x,process}$:

$$\theta_{x,process} = \frac{V_{aer} \cdot X_{aer} + V_{anox} \cdot X_{anox}}{Q_W \cdot X_{aer}} \quad (A1. 28)$$

$$\theta_{x,process} = \frac{1325,16 \cdot 8000 + 325 \cdot 6773,01}{77,18 \cdot 8000} = 17,17 \text{ d}$$

Dónde:

$\theta_{x,process}$: Tiempo de retención de sólidos o edad del fango total del proceso biológico, d

- Para el cálculo de $HRT_{process}$ se usa la siguiente expresión:

$$HRT_{process} = HRT_{anox} + HRT_{aer} \quad (A1.29)$$

$$HRT_{process} = 1,30 + 5,3 = 6,60 \text{ h}$$

Dónde:

$HRT_{process}$: Tiempo de retención hidráulica total del proceso biológico, h

3.2.7. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE OXÍGENO PARA EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO

Para el cálculo de la demanda de oxígeno para el tratamiento biológico se hace uso de la siguiente expresión:

$$M_O = \frac{Q(S - S_e) - 1,42 \cdot M_{X,bio} + 4,33 \cdot Q \cdot NO_X - 2,86 \cdot Q(NO_X - NO_e)}{1000} \quad (A1.30)$$

$$M_O = \frac{6000(361,67 - 0,76) - 1,42 \cdot 416497,15 + 4,33 \cdot 6000 \cdot 39,12 - 2,86 \cdot 6000(39,12 - 6)}{1000}$$

$$M_O = 2022,03 \text{ kg/d}$$

Dónde:

M_O : Oxígeno total requerido para el tratamiento biológico, kg/d

3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE AIREACIÓN

El diseño del sistema de aireación es una de las diferencias más importantes entre un MBR sumergido y un proceso convencional de fangos activados, ya que los MBR sumergidos suelen tener la aireación biológica y la de las membranas.

Por lo tanto, es necesario determinar la cantidad de oxígeno que se origina de la aireación de la membrana, contribuye al oxígeno total requerido para la degradación carbonosa y la eliminación de nutrientes.

- Para el cálculo del valor de $Q_{A,m}$ se usa la siguiente expresión:

$$Q_{A,m} = SAD_m \cdot A_m \quad (AI. 31)$$

$$Q_{A,m} = 0,36 \cdot 12500 = 4500 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Dónde:

$Q_{A,m}$: Caudal de aire en el tanque de membrana, Nm³/h

SAD_m : Demanda de aireación específica con respecto al área de la membrana, Nm³/(m²h).

Dato proporcionado por el fabricante de las membranas.

- Para el cálculo de M_m se usa la siguiente expresión:

$$M_m = (Q_{A,m} \cdot \rho_A (SOTE_{coarse} \cdot y_{coarse}) \cdot O_{A,m} \cdot \alpha_{coarse} \cdot \beta \cdot \Phi) \cdot 24 \quad (AI. 32)$$

$$M_m = (4500 \cdot 1,23(0,02 \cdot 3,3) \cdot 0,232 \cdot 0,43 \cdot 0,95 \cdot 0,89) \cdot 24 = 740,93 \text{ kg O}_2/\text{d}$$

Dónde:

M_m : Oxígeno transferido por la aireación de la membrana, kg/d

ρ_A : Densidad del aire a la temperatura de operación, kg/m³

$SOTE_{coarse}$: Eficiencia de transferencia de oxígeno estándar en el aireador de burbuja gruesa, %/m. Dato proporcionado por el catálogo de los difusores de burbuja gruesa.

y_{coarse} : Profundidad del aireador de burbuja gruesa, m

$O_{A,m}$: Porcentaje en masa del oxígeno en el aire, %. Dato tomado de la tabla 3.30 del libro "The MBR Book"

α_{coarse} : Factor de corrección de los sólidos suspendidos

β : Factor de corrección de la salinidad. Dato tomado de la tabla 3.30 del libro "The MBR Book"

Φ : Factor de corrección de la temperatura

Sin embargo, como se desconoce los valores de α_{coarse} y Φ , se procede a su cálculo mediante las siguientes expresiones:

$$\alpha_{coarse} = e^{-\omega_x \cdot X_m} \quad (AI. 33)$$

$$\alpha_{coarse} = e^{-0,084 \cdot 10000} = 0,43$$

$$\Phi = 1,024^{(T-20)} \quad (A1.34)$$

$$\Phi = 1,024^{(15-20)} = 0,89$$

Dónde:

ω_x : Factor ω para la aireación de burbuja fina y gruesa

T: Temperatura de operación, °C. Para el presente diseño se adoptó una temperatura de 15°C.

- Para el cálculo de $Q_{A,b}$ se usa la siguiente expresión:

$$Q_{A,b} = \frac{M_0 - M_m}{\rho_A (SOTE_{fine} \cdot y_{fine}) O_{A,m} \cdot \alpha_{coarse} \cdot \beta \cdot \Phi} \cdot \frac{1}{24} \quad (A1.35)$$

$$Q_{A,b} = \frac{2022,03 - 740,93}{1,23(0,065 \cdot 6,2)0,232 \cdot 0,43 \cdot 0,95 \cdot 0,89} \cdot \frac{1}{24} = 1274,25 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Dónde:

$Q_{A,b}$: Flujo de aire neto para los requerimientos biológicos, Nm³/h

$SOTE_{fine}$: Eficiencia de transferencia de oxígeno estándar en el aireador de burbuja fina, %/m. Dato proporcionado por el catálogo de los difusores de burbuja fina.

y_{fine} : Profundidad del aireador de burbuja fina, m

- Para el cálculo de M_b se utiliza la siguiente expresión:

$$M_b = M_0 - M_m \quad (A1.36)$$

$$M_b = 2022,03 - 740,93 = 1281,09 \text{ kg } O_2/\text{d}$$

Dónde:

M_b : Oxígeno requerido por la aireación biológica, kg/d

En la tabla A1.8 se muestra el resumen de lo expuesto anteriormente:

Tabla A1. 8: Diseño del sistema de aireación

Parámetro	Reactor Biológico	Reactor de Membranas
Tipo de difusor	Burbuja fina	Burbuja gruesa
$SOTE_x$, (%/m)	0,065	0,02
Densidad del aire, ρ_A (kg/m ³)	1,23	1,23
ω_x	0,084	0,084
$O_{A,m}$ (%)	0,232	0,232
α	0,51	0,43
β	0,95	0,95
Φ	0,89	0,89
y_x (m)	6,2	3,3
$Q_{A,m}$ (Nm ³ /h)	-	4500
M_m (kg/d)	-	740,93
M_b (kg/d)	1281,09	-
$Q_{A,b}$ (Nm ³ /h)	1274,25	-

4. DISEÑO DE EQUIPOS

4.1. DIMENSIONES DEL MBR

4.1.1. TANQUE AEROBIO Y ANÓXICO

Se considerará 2 reactores en el tratamiento biológico y cada reactor contará con una zona aerobia y una zona anóxica:

Volumen total del tanque aerobio calculado: $1325,16 \text{ m}^3$

Volumen total del tanque anóxico calculado: 325 m^3

La zona aerobia y anóxica de ambos reactores se sobredimensionan un 50% respectivamente, obteniendo los siguientes valores:

Volumen tanque aerobio sobredimensionado: $1987,75 \text{ m}^3$

Volumen tanque anóxico sobredimensionado: $487,50 \text{ m}^3$

Volumen total: $2475,25 \text{ m}^3$

Teniendo en cuenta la profundidad del reactor (6,2 m), se calcula la superficie total de ambos reactores:

Superficie total: $399,23 \text{ m}^2$

Considerando que la forma de los reactores tiene una forma cuadrada, la longitud es:

$$l = \sqrt{399,23} = 19,98 \text{ m} \approx 20 \text{ m}$$

Entonces, las dimensiones de cada reactor (aerobio + anóxico) serán:

- Largo: 20 m, de los cuales 7,96 m estará sin airear en la zona aerobia, para conseguir que a la zona anóxica entre la menor concentración de oxígeno disuelto.
- Ancho: 10 m

Para calcular las dimensiones de la zona sin airear, se considera que el tiempo que la zona estará sin airear será un valor medio de 22,5 min, ya que según la bibliografía suele estar entre 15 y 30 minutos (*United State Patent, patent number: 5160043, Method of exhausting dissolved oxygen in a nitrogen removal wastewater treatment process*).

Teniendo en cuenta el tiempo que la zona estará sin airear y el caudal que entra a la zona aerobia, se calcula el volumen, el área de la zona sin airear y las dimensiones, obteniendo:

$$V_{\text{sin airear}} = \tau_{\text{sin airear}} \cdot Q_{\text{zona aerobia}} = \frac{22,5}{60} \text{ h} \cdot 2630 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 986,25 \text{ m}^3$$

$$S_{\text{sin airear}} = \frac{V_{\text{sin airear}}}{\text{Profundidad}_{\text{reactor}}} = \frac{986,25}{6,2} = 159,07 \text{ m}^2$$

Dividiendo la superficie de la zona sin airear y la anchura de los 2 reactores aerobios (20 m), se obtiene la dimensión del largo de la zona sin airear de ambos reactores:

$$l_{\text{sin airear}} = \frac{159,07}{20} = 7,95 \text{ m}$$

Y para averiguar las dimensiones de la zona aerobia y anóxica de cada reactor se tendrá en cuenta la siguiente relación:

$$\frac{l_{\text{anóxica}}}{l_{\text{aerobia}}} = \frac{V_{\text{anox}}/\text{Ancho}^2}{V_{\text{aer}}/\text{Ancho}^2} = \frac{V_{\text{anox}}}{V_{\text{aer}}} = \frac{487,50}{1987,75} = 0,25$$

Reescribiendo la expresión anterior se obtiene:

$$l_{\text{anóxica}} = 0,25 \cdot l_{\text{aerobia}}$$

La expresión anterior se inserta en la siguiente expresión:

$$l_{\text{aerobia}} + l_{\text{anóxica}} = 12,05 \text{ m}$$

y se obtiene que:

$$l_{\text{aerobia}} = 9,67 \text{ m}$$

$$l_{\text{anóxica}} = 2,37 \text{ m}$$

En definitiva, las dimensiones del reactor biológico en cada línea son:

- l_{aerobia} : 9,67 m
- $l_{\text{sin airear}}$: 7,95 m
- $l_{\text{anóxica}}$: 2,37 m
- Ancho: 10 m
- Profundidad: 6,2 m
- Espesor de paredes: 0,45 m
- Espesor de tabiques: 0,3 m

4.1.2. TANQUE DE MEMBRANAS

Al igual que el reactor biológico, se diseñará dos reactores de membranas, siendo uno para cada reactor biológico, aunque entre ellos se construirá una compuerta para que estén

comunicados, ya que en caso de avería de uno de los reactores estará el otro disponible para tratar el agua a depurar sin que se tenga que parar la planta al completo.

El volumen total mínimo calculado para los tanques de membranas de las dos líneas es de 58,14 m³

Al tratarse de un volumen de los tanques de membranas ajustado exclusivamente a las necesidades presentes, se va a suponer un volumen de diseño para las dos líneas de 120 m³, ya que de ese modo se podrá en un futuro hacer frente a una demanda de volumen de depuración de agua más grande que la actual.

Si se tiene en cuenta la profundidad del tanque de membranas (3,3 m), la superficie de los tanques de membranas en las 2 líneas es:

$$S_{tanq\ memb} = \frac{V_{diseño}}{Profundidad_{tanq\ memb}} = \frac{120\ m^3}{3,3\ m} = 36,36\ m^2$$

Dividiendo la superficie del tanque de membranas y el ancho del reactor de membranas, que será igual al del reactor biológico, se obtiene el valor del largo de los tanques de membranas:

$$l_{tanq\ memb} = \frac{36,36}{20} = 1,82\ m$$

En definitiva, las dimensiones del reactor de membranas para cada línea son:

- Largo: 1,82 m
- Ancho: 10 m
- Profundidad: 3,3 m
- Espesor de paredes: 0,45 m
- Espesor de tabiques: 0,3 m

Finalmente, las dimensiones del biorreactor de membranas por cada línea se resumen en la tabla A1.9:

Tabla A1. 9: Dimensiones del MBR

	DIMENSIONES (m) / LINEA (L x A x H)	VOLUMEN 2 LINEAS (m³)
ZONA ANÓXICA	2,37 x 10 x 6,2	487,50
ZONA AEROBIA	9,67 x 10 x 6,2	1987,75
ZONA MEMBRANAS	1,82 x 10 x 3,3	120
TOTAL		2595,25

4.2.DISEÑO DE DIFUSORES

4.2.1.DIFUSORES DE BURBUJA FINA

Los difusores de burbuja fina usados en el reactor aerobio son difusores de membrana de la marca XYLEM de la serie II Sanitaire Silver, ya que proporciona una alta eficiencia en la aireación y bajos costes operativos.

Para determinar el número de difusores necesarios en cada tanque aerobio se tiene en cuenta la superficie que se quiere airear. En este proyecto se va a airear únicamente la parte inferior del reactor.

Conociendo las dimensiones de la base del tanque aerobio y considerando que al largo y al ancho de la base del tanque se deja un espacio de:

- 0,8 m al largo, que se corresponde: 0,3 m al tabique que hay entre la zona aerobia y anóxica, y 0,5 m al espacio dejado para poder colocar y extraer las parrillas que contienen a los difusores
- 1,9 m al ancho, que se corresponde: 0,9 m al espesor de las 2 paredes (0,45 m) y 1 m al espacio dejado a ambos lados para poder colocar y extraer las parrillas que contienen a los difusores

Entonces, la superficie aireada en el reactor de cada línea es la siguiente:

$$S_{aireada} = Largo \times Ancho = (9,67 - 0,8) \times (10 - 1,9) = 71,88 \text{ m}^2$$

Los pasos a seguir para determinar el número de difusores son los siguientes:

- 1) Suponer un valor de $SOTE_{cw}$ teniendo en cuenta la figura A1.2 proporcionada por el fabricante del difusor.

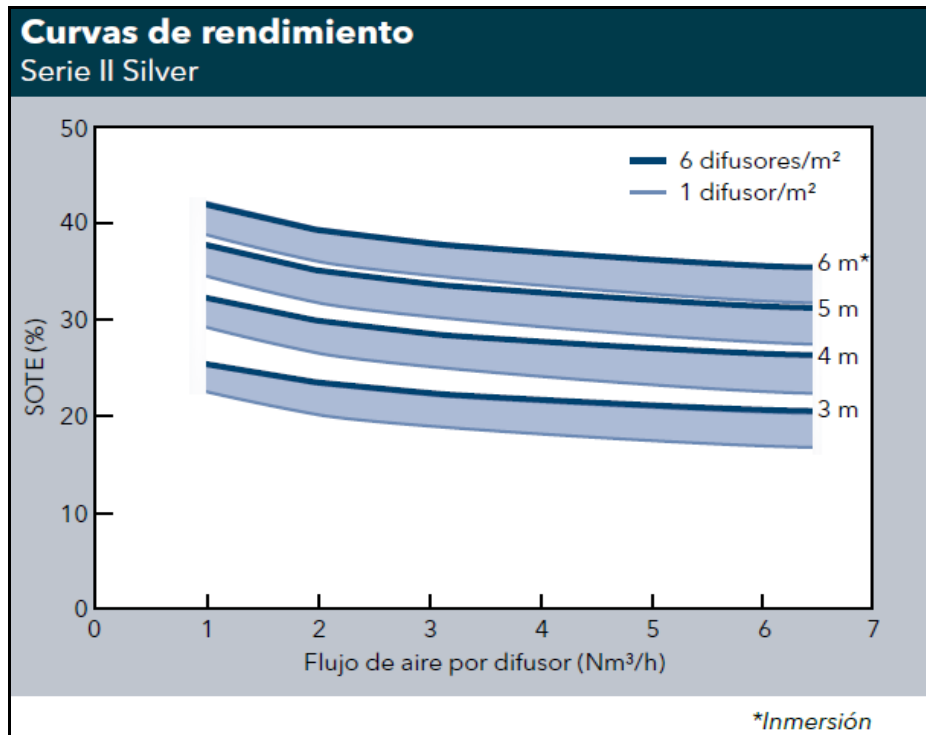


Figura A1. 2: Curvas de rendimiento de los difusores Serie II Sanitaire Silver.

- 2) Calcular el valor de $SOTE_{pw}$ mediante la siguiente expresión:

$$SOTE_{pw} = SOTE_{cw} \cdot \theta^{T-20} \cdot \alpha F \cdot \left(\frac{\beta \cdot \tau \cdot \Omega \cdot C_{\infty,20}^* - C}{C_{\infty,20}^*} \right) \quad (A1.37)$$

Donde:

$SOTE_{pw}$: Eficiencia de transferencia de oxígeno estándar del agua residual.

$SOTE_{cw}$: Eficiencia de transferencia de oxígeno estándar del agua limpia. Es un dato proporcionado por el fabricante de los difusores.

αF : Factor alfa y factor de ensuciamiento. Al tratarse de un reactor de configuración de mezcla completa y que el sistema de aireación es subsuperficial, este factor adopta el valor de 0,5.

τ : Factor de corrección de la variación de la concentración de saturación de oxígeno en el agua con la temperatura.

Ω : Factor altitud del terreno. Se toma el valor de 1, ya que se considera que la depuradora se encuentra al nivel del mar.

$C_{\infty,20}^*$: Concentración de saturación de oxígeno disuelto en el agua potable a 20 °C, mg/l

C : Concentración de oxígeno disuelto en el medio acuoso. Se considera el valor de 2 mg/l.

3) Calcular el caudal de aire usando la siguiente expresión:

$$Q_{aire} = \frac{Demanda \cdot 100}{0,277 \cdot SOTE_{pw}} \quad (AI. 38)$$

Dónde:

Q_{aire} : Caudal de aire inyectado por los difusores, Nm³/h

0,277: Porcentaje de oxígeno en el aire (1 m³ de aire contiene 277 g de O₂).

Demanda: Demanda de oxígeno para el tratamiento biológico, que es equivalente a M₀, kg O₂/h

4) Con cada una de las densidades de los difusores (según la gráfica del fabricante es de 1 a 6 difusores/m²) y teniendo en cuenta la inmersión de los difusores (6 m), se calcula el número de difusores (multiplicando la densidad por la superficie aireada), el Q_{aire} /difusor, $SOTE_{cw}$ (mediante la gráfica proporcionada por el fabricante), $SOTE_{pw}$ y se vuelve a recalcular el Q_{aire} , Q_{aire} /difusor, $SOTE_{cw}$, $SOTE_{pw}$, Q_{aire} y el Q_{aire} /difusor.

5) Finalmente se elige la densidad del difusor que se va a usar. Para la elección se tuvo en cuenta que según la bibliografía, lo recomendable es usar entre 4 y 6 difusores/m², ya que cuanto más densidad de difusores por metro cuadrado mejor aireado estará el tanque y por tanto la eficiencia de la aireación será mejor.

Considerando lo expuesto anteriormente, se consideró para el diseño de los difusores de burbuja fina, una densidad de 4 difusores por metro cuadrado, ya que con esa densidad se estima que la eficiencia de la aireación es buena y no se usa una cantidad excesiva de difusores, obteniendo:

- Número de difusores: 287,51 difusores/línea, que se aproximará a 288 difusores/línea.
- $SOTE_{cw}$: 35 %
- $SOTE_{pw}$: 12,96 %

- Caudal de aire: 1173,45 Nm³/h
- Caudal por difusor: 4,08 Nm³/h

Los datos proporcionados anteriormente se detallan en las tablas A1.10 y A1.11:

Tabla A1. 10: Cálculo del número de difusores parte 1

Nº difusores/m ²	Nº difusores	Q _{aire} /difusor	SOTE _{cw}	SOTE _{pw}	Q _{aire}
1	71,88	19,06	-	-	-
2	143,76	9,53	-	-	-
3	215,63	6,35	33,00	12,21	1245,29
4	287,51	4,76	34,50	12,77	1191,15
5	359,39	3,81	36,00	13,32	1141,52
6	431,27	3,18	37,80	13,99	1087,16

Tabla A1. 11: Cálculo del número de difusores parte 2

Q _{aire} /difusor	SOTE _{cw}	SOTE _{pw}	Q _{aire}	Q _{aire} /difusor
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
5,78	33,00	12,22	1244,57	5,77
4,14	35,00	12,96	1173,45	4,08
3,18	36,50	13,52	1125,23	3,13
2,52	38,50	14,26	1066,78	2,47

Se colocarán dos zonas de aireación por línea, repartiendo los difusores en cada parrilla.

Se instalarán 6 equipos de soplantes para ambas líneas siendo 4 soplantes para la zona aerobia (2+2R) y 2 equipos soplantes para la zona de las membranas de ambas líneas (1+R)

En las conducciones de aire se mantendrá una velocidad del fluido constante, por lo que las conducciones serán de PVC con diámetros externos de 100 y 250 mm.

4.2.2. DIFUSORES DE BURBUJA GRUESA

Los difusores de burbuja gruesa usados en el reactor de membranas son los difusores proporcionados por el fabricante, ya que vienen incluidos en el diseño de los cassettes de las membranas de ultrafiltración de fibra hueca Zenon 500C.

Para determinar el número de cassettes que serán necesarios para el tanque de membranas de las dos líneas, se calcula el número de módulos, y se obtiene:

$$N_{módulos} = \frac{A_m}{A_{Total\ memb}} = \frac{12.500}{232} = 53,88 \approx 54 \text{ módulos}$$

Sabiendo que en cada cassette caben 10 módulos, se divide el número de módulos entre 10, se obtiene el número de cassettes necesarios para depurar el agua residual:

$$N_{cassette} = \frac{N_{módulos}}{10} = \frac{54}{10} = 5,4 \approx 6 \text{ cassettes}$$

Los cassettes de membranas irán colocados entre ellos con una separación de 0,5 m aproximadamente.

Los tanques de membranas tendrán capacidad para la instalación de más cassettes de membranas que las instaladas en este proyecto, lo cual es una ventaja si en el futuro se quiere depurar más volumen de agua residual que el diseñado.

5. LIMPIEZA DE LAS MEMBRANAS

Las membranas deben ser limpiadas regularmente durante su vida operativa. La frecuencia y tipo de limpieza depende de la calidad del agua de alimentación.

Existen dos tipos de limpieza: la física y química.

- Limpieza física

En los MBR, la limpieza física se logra normalmente mediante el retrolavado (backflushing), invirtiendo el flujo de permeado hacia atrás o por relajación, que simplemente se deja de permear mientras se continúa limpiando las membranas con burbujas de aire. En la práctica estas dos técnicas se usan en combinación para obtener resultados óptimos. La frecuencia de limpieza es aproximadamente entre 30 y 60 s cada 10 o 15 minutos.

- Limpieza Química

La limpieza química generalmente emplea hipoclorito de sodio en combinación con ácidos minerales u orgánicos, a menudo ácido cítrico. La limpieza se realiza en el propio tanque y normalmente se combina con el lavado a contracorriente, conocida normalmente por sus siglas en inglés CEB, traducida como “retroalimentación química mejorada”.

La limpieza química suele ser de dos tipos: la de mantenimiento y la de recuperación.

Limpieza de mantenimiento

Es regular con una frecuencia de una vez por semana y tiene como objetivo incrementar el intervalo entre limpiezas de recuperación.

Para proceder a la limpieza de mantenimiento, se aísla el tanque de membranas, se detiene la recirculación y se airea el tanque de membranas por un periodo de 2 a 5 minutos. Durante un periodo de 15 minutos, se bombean una disolución de hipoclorito sódico o de ácido cítrico, a través de las membranas en pulsos regulares seguidos de un aclarado de agua limpia (permeado) al final.

En aguas residuales urbanas normalmente no se realizan limpiezas de mantenimiento con ácido cítrico, en cambio para MBR industriales si se suele realizar una limpieza por semana.

Una vez que el sistema se pone en marcha, la frecuencia de limpieza se puede optimizar.

Cuando la limpieza de mantenimiento se ha completado, se vuelve a abrir la entrada de agua, se reanuda la recirculación y la cámara de membranas entra en servicio.

Limpieza de recuperación

Su frecuencia es de aproximadamente dos veces al año y tiene como objetivo reestablecer la permeabilidad de la membrana cuando se haya ensuciado. Por norma general, se debe iniciar una limpieza de recuperación si la permeabilidad disminuye a un valor menor al 50% de la permeabilidad inicial o menor a 62 LMH/bar, lo que primero ocurra.

Los productos químicos utilizados normalmente para la limpieza son hipoclorito sódico (NaOCl) para la eliminación de suciedad orgánica y ácido cítrico para la eliminación de contaminantes inorgánicos.

Los cassettes se limpian in-situ, cada vez un tanque de membrana. El tanque que se va a limpiar se aísla del resto del sistema, se detiene el proceso de filtración del tanque, pero la aireación continúa durante un tiempo de modo que se separen los sólidos de las fibras de las membranas. El licor mezcla en el tanque de membrana se conduce al tanque de distribución del biorreactor a través de la tubería de recirculación de fangos.

Para realizar la limpieza, se llena el tanque de membranas con el permeado y se drena para lavar los lodos residuales del tanque. Los productos químicos de limpieza (solución de limpieza) se bombean dentro del tanque a través de las membranas y, finalmente, el permeado se utiliza para llenar por completo el tanque de membranas hasta sumergir las fibras. Las membranas permanecen sumergidas con la disolución de limpieza por un periodo que puede variar entre las 6 y 12 horas, dependiendo de las condiciones.

Para neutralizar la disolución de limpieza, se permite la entrada del licor mixto dentro del tanque y el contenido es aireado para que se mezcle. Este proceso dura aproximadamente 30 minutos y, una vez que se completa, el tanque vuelve a conectarse.

Cuando la planta esté en operación esta frecuencia de limpieza se puede modificar, dependiendo de las condiciones reales.

El proceso de limpieza de las membranas para este proyecto empieza con una limpieza física, en la que se combina la relajación y el contralavado con permeado, seguida por una limpieza química mediante la recirculación, durante un periodo de tiempo determinado, de los agentes químicos seleccionados, en este caso será hipoclorito de sodio y ácido cítrico. La frecuencia seleccionada para la limpieza de las membranas es de 2 veces al año.

5.1. CAUDAL DE RETROLAVADO

Dado que no se conoce el caudal de contralavado o retrolavado necesario para el proceso de limpieza, se procede a estimar este dato. Se considera que el flujo de contralavado necesario es 1,5 veces el flujo de permeado. Por lo que se tiene:

$$J_R = 1,5 \cdot J_P \quad (A1.39)$$

$$Q_R = J_R \cdot A_F \quad (A1.40)$$

Donde:

J_R : Flujo de retrolavado, $m^3/m^2 \cdot h$

J_P : Flujo de permeado = $20 L/m^2 \cdot h$

Q_R : Caudal de retrolavado, m^3/d

A_F : Área de filtración de las membranas, m^2

Sustituyendo el valor de J_P en la ecuación A1.39, se obtiene:

$$J_R = 1,5 \cdot J_P = 1,5 \cdot 20 = 30 \frac{L}{m^2 \cdot h} = 0,72 \frac{m^3}{m^2 \cdot d}$$

Teniendo en cuenta que el área de filtración, es igual al área correspondiente a 10 módulos de membranas en 6 cassettes, se obtiene:

$$A_F = 23,2 \cdot 10 \cdot 6 = 1392 m^2$$

Sustituyendo el valor del área de filtración de la membrana en la ecuación A1.40, se obtiene que el caudal de contralavado es:

$$Q_R = 0,72 \cdot 1392 = 1002,24 m^3/d$$

5.2. DEPÓSITO DE PERMEADO

El depósito de permeado tiene la función de almacenar todo el permeado obtenido durante cada proceso de filtración del agua residual. Parte del agua almacenada se destina al contralavado y la otra parte del agua de permeado se vierte a cauce público.

Teniendo en cuenta que el caudal de permeado obtenido en la planta es de $3000 m^3/d$ y que la duración de la filtración de las membranas es de 9 min, tiempo en el cual el permeado se

almacenará en el tanque de permeado, se puede calcular el volumen del depósito de permeado, haciendo uso de la siguiente expresión:

$$V_{TP} = Q_P \cdot t_F \quad (A1.41)$$
$$V_{TP} = 3000 \cdot \frac{9}{60 \cdot 24} = 18,75 \text{ m}^3$$

Donde:

V_{TP} : Volumen del depósito de permeado, m^3

Q_P : Caudal de permeado obtenido, m^3/d

t_F : Tiempo que las membranas están filtrando, d

Conociendo el volumen del depósito de almacenamiento del permeado, se procede a buscar un depósito que cumpla con esa característica.

La tabla A1.12 detalla las características del depósito de permeado elegido.

Tabla A1. 12: Depósito de almacenamiento del permeado.

Parámetro	Valor
Capacidad (L)	19000
Material de construcción	PRFV
Dimensiones: Diámetro/Altura (mm)	2500 / 3915
Marca	AIQSA
Modelo	TIPO A

5.3.DEPÓSITOS DE REACTIVOS

Dado que no se conoce las especificaciones acerca de los reactivos a utilizar en la limpieza, de acuerdo a la bibliografía consultada, se opta por la utilización de los productos químicos más utilizados en la limpieza química de las membranas: el hipoclorito de sodio, para la eliminación de los contaminantes orgánicos y el ácido cítrico para la eliminación de los contaminantes inorgánicos depositados en las membranas.

5.3.1. DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO

Para determinar el volumen del depósito, se tiene en cuenta la regla para calcular disoluciones, expresada de la siguiente manera:

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2 \quad (A1.42)$$

Donde:

V_1 : Volumen del depósito de hipoclorito de sodio, m^3

C_1 : Concentración del hipoclorito comercial (15%)

V_2 : Volumen correspondiente al caudal de retrolavado en un periodo de 60 s, m^3

C_2 : Concentración de hipoclorito de sodio diluido en la corriente de contralavado (0,5%)

Conociendo los valores de C_1 , V_2 y C_2 se procede al cálculo del volumen del depósito de hipoclorito, V_1 , mediante la ecuación A1.42:

$$V_1 = \frac{C_2 \cdot V_2}{C_1} = \frac{0,5 \cdot 0,7}{15} = 0,023 \text{ m}^3 = 23,33 \text{ L}$$

Para determinar el caudal de hipoclorito de sodio a dosificar en la corriente de contralavado, se divide el volumen obtenido en el paso anterior entre 15 min (0,0104 d), que es el tiempo que dura la dosificación del reactivo, obteniendo:

$$Q_{NaOCl} = \frac{0,023}{0,0104} = 2,21 \text{ m}^3/d = 93,2 \text{ L/h}$$

Conociendo el volumen del depósito de almacenamiento del hipoclorito, se procede a buscar un depósito que cumpla con esa característica y además que sea resistente a productos corrosivos.

La tabla A1.13 muestra las características del depósito de almacenamiento de hipoclorito elegido.

Tabla A1. 13: Depósito de almacenamiento del hipoclorito de sodio al 15%.

Parámetro	Valor
Capacidad (L)	50
Material de construcción	PE lineal enriquecido con aditivos anti-ultravioletas
Dimensiones: Diámetro/Altura (mm)	390 / 570
Marca	Schoeller Allibert
Tipo	Dosificador

5.3.2. DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DEL ÁCIDO CÍTRICO

Para determinar el volumen del depósito, se tiene en cuenta la regla para calcular diluciones, expresada mediante la ecuación A1.42:

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

Donde:

V_1 : Volumen del depósito de ácido cítrico, m^3

C_1 : Concentración de ácido cítrico comercial (50%)

V_2 : Volumen correspondiente al caudal de retrolavado en un periodo de 60 s, m^3

C_2 : Concentración del ácido cítrico diluido en la corriente de contralavado (2%)

Conociendo los valores de C_1 , V_2 y C_2 se procede al cálculo del volumen del depósito de ácido cítrico, V_1 , mediante la ecuación A1.42:

$$V_1 = \frac{C_2 \cdot V_2}{C_1} = \frac{2 \cdot 0,7}{50} = 0,028 m^3 = 28 L$$

Para determinar el caudal de ácido cítrico a dosificar en la corriente de contralavado, se divide el volumen obtenido en el paso anterior entre 15 min (0,0104 d), que es el tiempo que dura la dosificación del reactivo, obteniendo:

$$Q_{\text{Ácido Cítrico}} = \frac{0,028}{0,0104} = 2,69 m^3/d = 112 L/h$$

Conociendo el volumen del depósito de almacenamiento del ácido, se procede a buscar un depósito que cumpla con esa característica y además que sea resistente a productos corrosivos.

La tabla A1.14 muestra las características del depósito de almacenamiento de ácido cítrico elegido.

Tabla A1. 14: Depósito de almacenamiento del ácido cítrico al 50%.

Parámetro	Valor
Capacidad (L)	50
Material de construcción	PE lineal enriquecido con aditivos anti-ultravioletas
Dimensiones: Diámetro/Altura (mm)	390 / 570
Marca	Schoeller Allibert
Tipo	Dosificador

5.3.3. DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACIÓN DEL CLORURO FÉRRICO

El cloruro férrico es un reactivo que se emplea para la eliminación del fósforo disuelto en el agua residual. Éste reactivo puede dosificarse a la entrada del tratamiento secundario o verterlo en el licor mezcla del reactor biológico. Se ha optado para este proyecto, dosificar antes del tratamiento secundario, concretamente antes de la arqueta de reparto de caudal, ya que así se asegura que el cloruro férrico se mezcla satisfactoriamente con el agua residual que entra a la planta.

La dosificación de la solución de cloruro férrico se realiza en función de la concentración de fósforo (P) que entra a la planta, la concentración de fósforo máxima admisible establecida por la legislación, el caudal de entrada y las características de la solución comercial empleada.

Para las aguas residuales domésticas, la concentración de fósforo se mantiene aproximadamente constante en el entorno de 5 a 10 mg/l; estos valores pueden ser menores en el caso de eventos de lluvia o en épocas de excesiva infiltración. Por su parte, la concentración máxima admisible establecida por la legislación es de 2 mg/l.

La dosis de cloruro férrico (FeCl_3) por defecto, en ausencia de valores de laboratorio, será de 5 veces la concentración de fósforo que se desea remover (relación hierro Fe^{3+} /fósforo igual a 5).

La solución de cloruro férrico comercial (FeCl_3) presenta las siguientes características:

- Pureza: 40%, esto es 40g de FeCl_3 por cada 100 g de solución.
- Densidad de la solución: 1,4 g/ml (1,4 kg/l)

Datos del agua residual a la entrada al tratamiento secundario:

- Caudal medio diario $Q_m = 6000 \text{ m}^3/\text{d}$ (25000 l/h)
- Concentración de P en el influente = 7,3 mg/l
- Concentración de P admisible en el efluente = 2 mg/l
- Relación de dosificación Hierro / Fósforo (Fe/P) = 5

La concentración de P a remover = $7,3 - 2 = 5,3 \text{ mg/l}$.

La dosis de cloruro férrico (puro) a aplicar es:

$$\text{Dosis } \text{FeCl}_3 = 5,3 \cdot 5 = 26,5 \text{ mg/l agua residual}$$

La dosis de solución de FeCl_3 al 40% a aplicar es:

$$\text{Dosis } \text{solución} = \frac{26,5}{0,4} = 66,25 \text{ mg/l } (0,066 \text{ g/l agua residual})$$

El volumen de la misma es:

$$V_{\text{solución}} = \frac{0,066}{1,4} = 0,047 \text{ ml solución/l agua residual}$$

El caudal de la solución de cloruro férrico a dosificar resulta de la multiplicación del caudal medio diario por el volumen de la solución, obteniendo:

$$Q_{\text{FeCl}_3} = 25000 \cdot \frac{0,047}{1000} = 1,175 \text{ l/h} = 0,028 \text{ m}^3/\text{d}$$

Para determinar el volumen del depósito del cloruro férrico se multiplica el caudal de cloruro férrico a dosificar por el tiempo que estaría almacenado el reactivo, se supone 7 días, y se obtiene:

$$V_{\text{deposito } \text{FeCl}_3} = 0,028 \cdot 7 = 0,196 \text{ m}^3 = 196 \text{ l}$$

Conociendo el volumen del depósito de almacenamiento del cloruro férrico, se procede a buscar un depósito que cumpla con esa característica y además que sea resistente a productos corrosivos.

La tabla A1.15 muestra las características del depósito de almacenamiento de cloruro férrico elegido

Tabla A1. 15: Depósito de almacenamiento del cloruro férrico al 40%.

Parámetro	Valor
Capacidad (L)	250
Material de construcción	PE lineal enriquecido con aditivos anti-ultravioletas
Dimensiones: Diámetro/Altura (mm)	580 / 1083
Marca	Schoeller Allibert
Tipo	Dosificador

6. DISEÑO DE CONDUCCIONES

Para las conducciones de aguas residuales se utilizarán tuberías de PVC orientado (PVC-O 500) fabricadas según la norma UNE-ISO 16422:2015 “Tubos y uniones fabricados de Policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O) para transporte de agua”.

6.1. TRAMO 1

Con la finalidad de simplificar el cálculo del tramo 1, se considera que las dos conducciones que van desde la arqueta de reparto a cada uno de los reactores biológicos, es una sola conducción, teniendo en cuenta los accidentes de ambas conducciones. Sin embargo, a la hora de determinar el diámetro real de ambas conducciones, se tendrá en cuenta que el caudal que pasa por cada una de las conducciones es la mitad del caudal de agua residual que sale del tratamiento primario (3000 m³/d).

Este tramo de conducción transporta el agua residual desde la salida del tanque de homogeneización hasta la entrada al reactor biológico, con un caudal de 0,0694 m³/s (6000 m³/d).

El diámetro de la conducción se calcula en función del caudal que circula por ella y la velocidad a la que circula el fluido. A continuación se presentan las ecuaciones utilizadas para el cálculo:

$$Q = S_{conducción} \cdot v \quad (A1.43)$$

$$Q = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot v \quad (A1.44)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} \quad (A1.45)$$

Dónde:

Q: Caudal de entrada al reactor biológico, m³/s

$S_{conducción}$: Área de la conducción en el tramo 1, m²

v: Velocidad del fluido en el tramo 1, m/s

D: Diámetro de la conducción en el tramo 1, m

En las conducciones de instalaciones industriales para agua es usual diseñar las conducciones con velocidades del orden de 0,5 a 1,5 m/s. En este proyecto, se ha elegido una velocidad de diseño de 1,2 m/s.

Teniendo en cuenta la velocidad de diseño, el caudal de diseño y utilizando la ecuación A1.46, se determina el diámetro de diseño de la conducción:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0694}{\pi \cdot 1,2}} = 0,2714 \text{ m}$$

El diámetro calculado para la tubería es de 271,4 mm, por tanto se elige una tubería de D=315 mm, que es el diámetro que más se aproxima (por exceso) a los normalizados proporcionados por el catálogo del fabricante.

Sabiendo que la tubería por donde circula el fluido tiene un espesor de 6,3 mm, se estima el diámetro interno como la resta del diámetro externo menos dos veces el espesor de las paredes de la tubería, y se obtiene que el $D_i = 0,3024 \text{ m}$.

Con el diámetro interno calculado, se recalcula la velocidad de circulación del fluido despejando la ecuación A1.45, ya que el fluido circula por el interior de la conducción, obteniendo:

$$v = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}} = \frac{0,0694}{\pi \cdot \frac{0,3024^2}{4}} = 0,967 \text{ m/s}$$

Pérdidas de carga en la conducción.

Una vez determinado el diámetro de la conducción, se calcula la pérdida total de energía mecánica de la conducción, que se debe a dos tipos de contribuciones:

- 1) Las pérdidas de carga lineales o por fricción, debidas a los tramos rectos de las conducciones.
- 2) Las pérdidas de carga localizadas o menores, debidas a los accesorios de las conducciones.

Para el cálculo de la pérdida total de energía mecánica de la conducción, se calcula en primer lugar el módulo de Reynolds, para saber el régimen de circulación del fluido dentro de la conducción:

(A1. 46)

$$Re = \frac{4 \cdot 0,0694 \cdot 1000}{1,14 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 0,3024} = 256484,42$$

Dónde:

ρ : Densidad del agua (a 15° C, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$)

μ : Viscosidad del agua (a 15° C, $\mu = 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$)

Dado que el número de Reynolds obtenido es mayor de 10000, se asume que el régimen de circulación del agua residual es turbulento.

Una vez determinado el módulo de Reynolds, se calcula las pérdidas de energía mecánica lineal y localizada.

- Las pérdidas de carga lineales o por fricción se pueden calcular mediante la ecuación de Fanning:

$$\Delta F_r = 2 \cdot f \cdot v^2 \cdot \frac{L}{D} \quad (A1.47)$$

Dónde:

ΔF_r : Pérdida de carga por fricción, J/Kg

f: Factor que depende de la rugosidad relativa y el módulo de Reynolds, para régimen turbulento, que es el régimen al que trabajan las tuberías.

L: Longitud del tramo de tubería, m

D: Diámetro interno de la conducción, m

Previo al cálculo de las pérdidas de carga del tramo recto de la conducción, se calcula la rugosidad relativa ε_r , que se obtiene a partir de la rugosidad absoluta ε , obteniendo:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D} \quad (A1.48)$$

$$\varepsilon_r = \frac{0,000007}{0,3024} = 2,31 \cdot 10^{-5}$$

Mediante la gráfica de Moody, en la que se representa $4f$ y ε_r en función de Re, se obtiene el coeficiente de frotamiento $4f$, como se muestra en la figura A1.3:

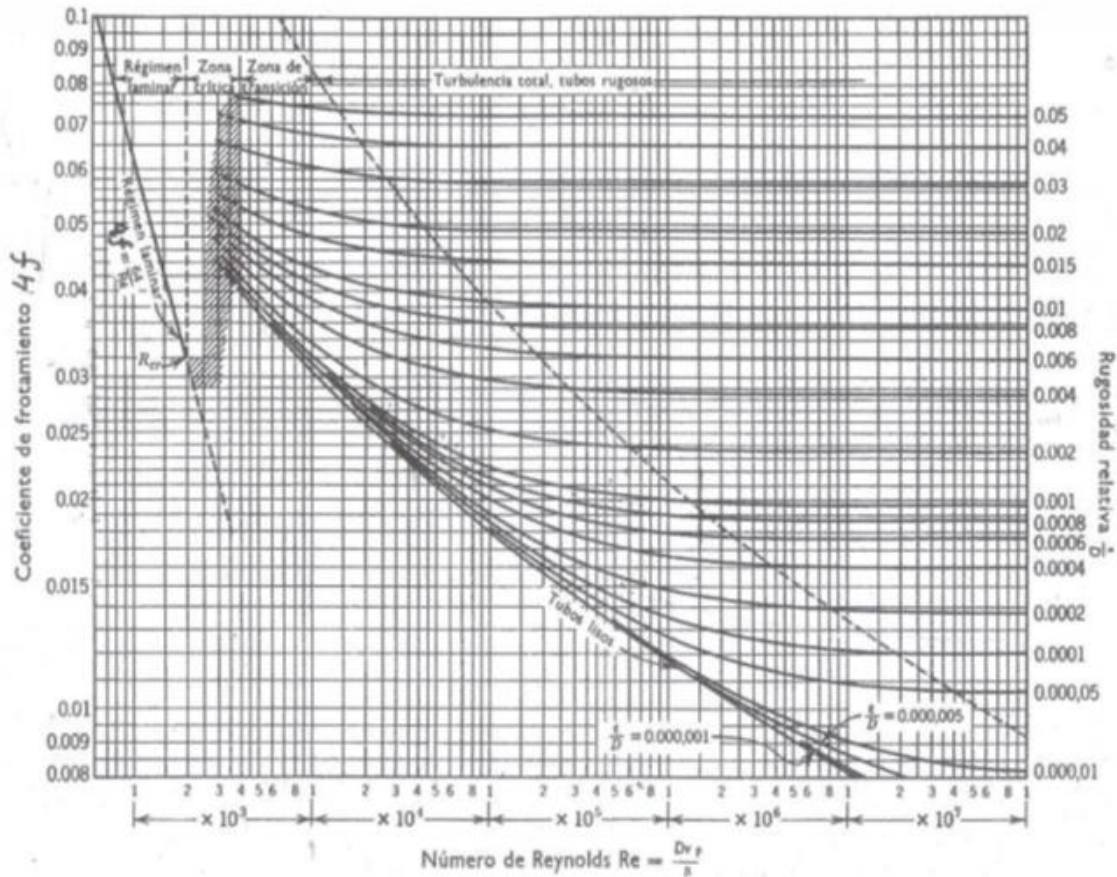


Figura A1. 3: Gráfica de Moody.

Con el valor obtenido del coeficiente de frotamiento en la gráfica de Moody ($4f$), ya se puede obtener f y se puede calcular la pérdida de carga de los tramos rectos usando la ecuación A1.48, obteniendo:

$$\left. \begin{array}{l} \epsilon_r = 2,31 \cdot 10^{-5} \\ Re = 256484,42 \end{array} \right\} 4f = 0,015 \rightarrow f = 0,0038$$

$$\Delta F_r = 2 \cdot 0,0038 \cdot 0,967^2 \cdot \frac{7}{0,3024} = 0,162 \text{ J/Kg}$$

- Las pérdidas de carga localizadas, debido a los accidentes, se pueden calcular usando dos métodos empíricos diferentes o combinarse entre ellos:

a) Mediante el método de las cargas de velocidad o procedimiento de Karman, que es apta para régimen turbulento:

$$\Delta F_{acc} = \sum k \cdot \frac{v^2}{2} \quad (A1.49)$$

Dónde:

k: Constante característica de cada accidente, adimensional

b) Mediante el método de la longitud equivalente de los accidentes:

$$\Delta F_{acc} = 2 \cdot f \cdot v^2 \cdot \frac{L_{eq}}{D} \quad (A1.50)$$

Dónde:

L_{eq} : Longitud equivalente de cada accidente

Para determinar la longitud equivalente de cada accidente se usa un ábaco tal como el de la figura A1.4:

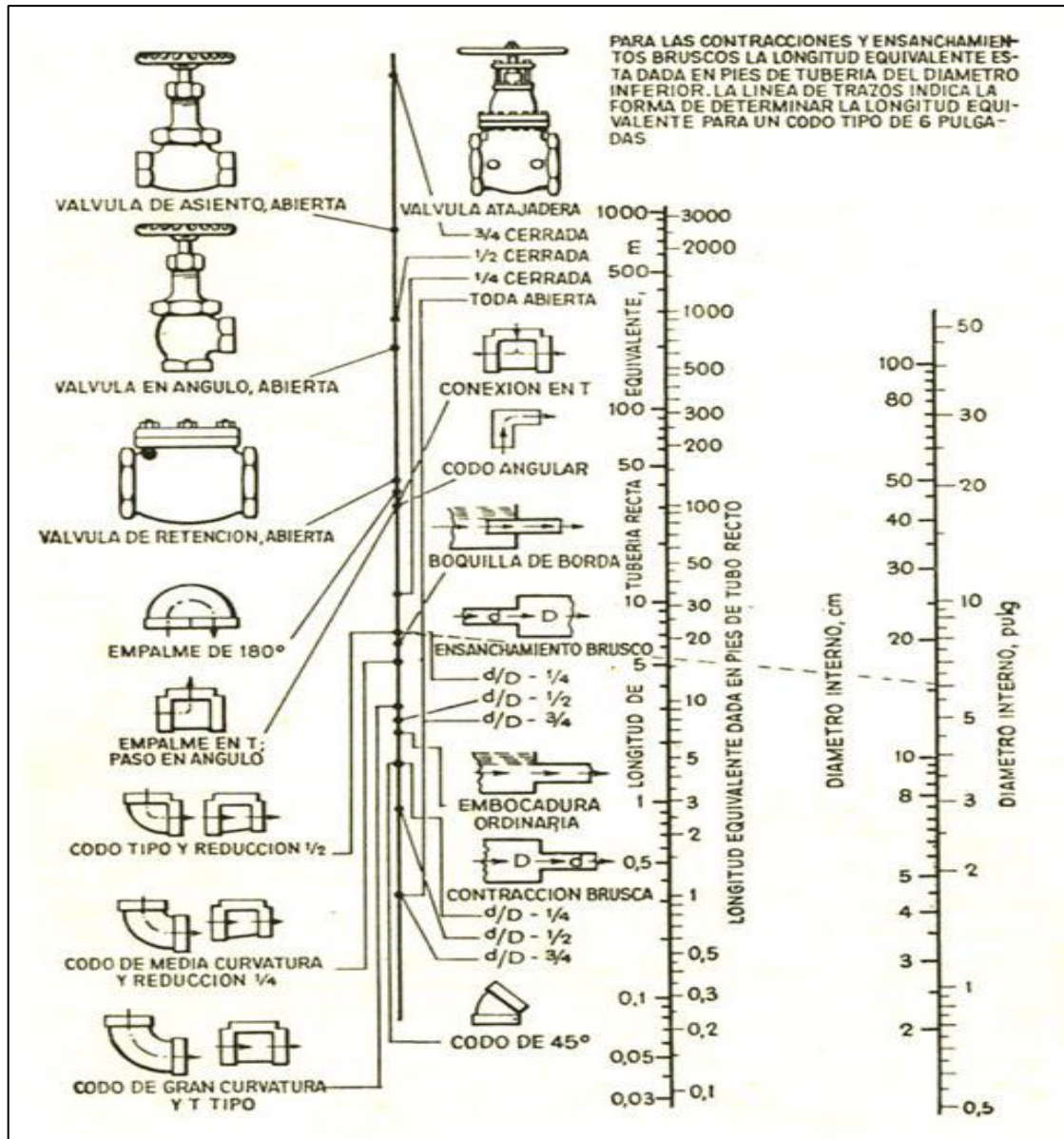


Figura A1. 4: Ábaco de longitudes equivalentes para accidentes.

Se une el punto donde se encuentra el accidente y el diámetro de la conducción con una recta, ésta corta al eje central en un punto, que determinará la longitud equivalente de cada accidente.

En este proyecto se combinará ambos métodos de cálculo de las pérdidas de carga menores; para el caso de las válvulas atajaderas se usará el método de las longitudes equivalentes y para el resto de accidentes se usará el método de las cargas de velocidad.

En la Tabla A1.16 se detalla los accidentes presentes en el tramo 1 del sistema:

Tabla A1. 16: Tramo 1.

TRAMO 1	Tramos rectos	4m + 3m = 7 m
	Accidentes	3 Entradas encañonadas → k = 0,78
		3 Salidas encañonadas → k = 1
		3 Válvulas atajaderas (abiertas) → L _{eq} = 2,25 m
		1 Válvula retención (totalmente abierta) → k = 2
		2 Codos 45° standard → k = 0,35
	Diámetro	D = 315 mm
Espesor	e = 6,3 mm	

Juntando las ecuaciones A1.50 y A1.51, se obtiene las pérdidas de carga singulares totales del sistema:

$$\Delta F_{acc} = (3 \cdot 0,78 + 3 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 2 \cdot 0,35) \cdot \frac{0,967^2}{2} + 2 \cdot 0,0038 \cdot 0,967^2 \cdot \frac{(3 \cdot 2,25)}{0,3024}$$

$$= 3,588 \text{ J/Kg}$$

Por tanto, la pérdida total de energía mecánica en la conducción se obtiene sumando las pérdidas de carga lineal y singular, obteniendo:

$$\Delta F = \Delta F_r + \Delta F_{acc} \quad (A1.51)$$

$$\Delta F = 0,162 + 3,588 = 3,750 \text{ J/Kg}$$

Carga total del sistema

Dado que se trata de un tramo en el que se va a impulsar un líquido, será necesario el uso de un equipo de impulsión, en este caso se usará una bomba.

Para el cálculo de la carga total del sistema, se plantea un balance de energía mecánica, expresando sus términos como cargas:

$$h_s = (z_2 - z_1) + \frac{1}{g} \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} + \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \Delta F \right) = \frac{W}{g} = h_B \quad (A1.52)$$

Donde:

h: Carga total del sistema / carga de la bomba, m

z: Alturas de los puntos 1 y 2, m

v: Velocidades en los puntos 1 y 2, m/s

g: Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

α : factor alfa. Se considera igual a 1, ya que se trata de un régimen de circulación turbulento.

p: Presiones en los puntos 1 y 2, Pa

ρ : Densidad del fluido a 15° (1000 kg/m³)

ΔF : Pérdida total de energía mecánica por unidad de masa, J/Kg

W: Energía que deberá suministrar la bomba, J/Kg

Considerando que los puntos 1 y 2 están a la misma altura, es decir $z_2 - z_1 = 0$ y las velocidades y las presiones en ambos puntos son iguales, la ecuación A1.52 se simplifica y se obtiene:

$$h_s = \frac{\Delta F}{g} \quad (A1.53)$$

$$h_s = \frac{3,750}{9,81} = 0,382 \text{ m}$$

Una vez hallada la carga total del sistema, se calcula la potencia que debe recibir el fluido para poder circular a través de la conducción mediante la ecuación A1.54, y se obtiene:

$$P = \frac{h_s \cdot g \cdot Q \cdot \rho}{\eta} \quad (A1.54)$$

$$P = \frac{0,382 \cdot 9,81 \cdot 0,0694 \cdot 1000}{0,7} = 372,02 \text{ W}$$

Donde:

P: Potencia que debe recibir el fluido, W

Q: Caudal que circula por el tramo 1, m³/s

η : Rendimiento de la bomba (suponemos un 70%)

Dado que el valor de la carga total del sistema es muy pequeño y el caudal volumétrico es grande no se encuentra ninguna bomba que cumpla con esas especificaciones, de modo que se seleccionará una bomba que se aproxime a las especificaciones que se necesita, por lo que se selecciona un modelo de la marca KBS SE & Co Spain, la serie Sewatec/Sewabloc D 200-315, cuyas curvas características se muestran en el Anexo N°6.

Considerando que en el sistema circula un caudal volumétrico de 250 m³/h, que la carga necesaria en el sistema es de 0,382 m y que la potencia de la bomba es 372,02 W, se selecciona en la gráfica la bomba con diámetro de rodete de 280 mm y 875 rpm.

Con el caudal y la carga del sistema expuesto, la bomba trabajará en estas condiciones:

$$\begin{aligned}\eta &= 60 - 70 \% \\ NPSH_{req} &= NPSH_3 = 0,5 \text{ m} \\ P &= 2,25 \text{ kW}\end{aligned}$$

Una vez obtenidos estos datos, se debe comprobar que el NPSH disponible en la sección de aspiración sea como mínimo igual al requerido por la bomba, o se producirá cavitación.

Para el cálculo del NPSH disponible en la sección de aspiración se utiliza la expresión siguiente:

$$NPSH_{disponible} = (z_1 - z_3) + \frac{1}{g} \left(\frac{p_1 - p_v}{\rho} + \frac{v_1^2}{2\alpha} - \Delta F_a \right) \quad (A1.55)$$

Donde:

z: Altura en los puntos 1 y 3, m

g: Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

p₁: Presión en el punto 1, Pa. Se considera que la presión en el punto 1 es igual a la presión hidrostática, siendo igual a 118.958 Pa.

p_v: Presión de vapor de agua a la temperatura de operación, Pa. Se considera el valor de 1705,8 Pa, que es la presión de vapor de agua a 15°C (Tabla Anexo N°6).

v: Velocidad del fluido, m/s

ΔF_a : Perdidas de carga en la zona de aspiración, J/kg

* Se hace referencia en la ecuación a subíndices 1 y 3. El punto 1 se considera al punto de inicio del tramo de aspiración previo a la bomba. El punto 3 sería el punto inmediatamente anterior a la entrada a la bomba.

Dado que los puntos 1 y 3 se encuentran a la misma altura, es decir el término $z_1 - z_3 = 0$, la expresión A1.55 se simplifica y se obtiene:

$$NPSH_{disponible} = \frac{1}{g} \left(\frac{p_1 - p_v}{\rho} + \frac{v_1^2}{2\alpha} - \Delta F_a \right) \quad (A1.56)$$

Se dispone de todos los datos a excepción de la pérdida de carga en la zona de aspiración, la cual se calculará mediante la ecuación A1.52.

Al igual que anteriormente, se distinguirá dentro del tramo de aspiración entre pérdida de carga en tramos rectos y pérdida de carga por accidentes, para ello se usarán las ecuaciones A1.48 y A1.50:

$$\Delta F_{ar} = 2 \cdot 0,0038 \cdot 0,967^2 \cdot \frac{1}{0,3024} = 0,023 \text{ J/Kg}$$

$$\Delta F_{a \text{ acc}} = 0,78 \cdot \frac{0,967^2}{2} = 0,365 \text{ J/Kg}$$

Resultando por tanto:

$$\Delta F_a = \Delta F_{ar} + \Delta F_{a \text{ acc}} = 0,023 + 0,365 = 0,388 \text{ J/Kg}$$

Conociendo el dato de la pérdida de carga en la zona de aspiración de la bomba, se calcula el NPSH disponible, usando la ecuación A1.56:

$$NPSH_{disponible} = \frac{1}{9,81} \left(\frac{118958 - 1705,8}{1000} + \frac{1705,8^2}{2} - 0,388 \right) = 11,96 \text{ m}$$

Por tanto, se comprueba que no habrá cavitación, dado que:

$$NPSH_{disponible} > NPSH_{requerido}$$

$$11,96 > 0,5$$

Esto indica que la bomba usada en el tramo 1 es adecuada para las necesidades que se requiere.

6.2. TRAMO 2

Con la finalidad de simplificar el cálculo del tramo 2, se considera que la conducción por la que circula los fangos en exceso es despreciable a la hora de hacer los cálculos, ya que el caudal que circula por la misma es despreciable frente al caudal de recirculación interna. Por tanto, el tramo 2 estará formado únicamente por la conducción de la recirculación interna teniendo en cuenta los accidentes de la conducción de los fangos en exceso.

Este tramo de conducción transporta el agua residual desde la zona aerobia del reactor biológico hasta la arqueta de reparto.

Se ha diseñado la conducción de modo que el fluido que circula en su interior tenga una velocidad máxima de 1,2 m/s. De este modo, teniendo en cuenta esta restricción y conociendo el caudal a transportar por la conducción, se determina el diámetro más adecuado.

En la tabla A1.17 se detalla el diámetro elegido para el tramo 2 de conducción.

Tabla A1. 17: Diámetro del tramo 2.

Q (m³/s)	v (m/s)	D_{ext} (mm)	e (mm)	D_{int} (mm)
0,1917	1,058	500	9,9	480,2

Pérdidas de carga en la conducción

Una vez determinado el diámetro de la conducción, se calcula la pérdida total de energía mecánica de la conducción: la debida a los tramos rectos y a los accidentes.

Como paso previo se calcula Re , ϵ_r , f usando las ecuaciones A1.47 y A1.49:

$$Re = \frac{4 \cdot 0,1917 \cdot 1000}{1,14 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 0,4802} = 445789,36$$

$$\epsilon_r = \frac{0,000007}{0,4802} = 1,46 \cdot 10^{-5}$$

$$4f = 0,0136 \rightarrow f = 0,0034$$

- La pérdida de carga lineal se calcula usando la ecuación A1.48:

$$\Delta F_r = 2 \cdot 0,0034 \cdot 1,058^2 \cdot \frac{34}{0,4802} = 0,539 \text{ J/Kg}$$

- La pérdida de carga localizada se calcula usando las expresiones A1.50 y A1.51:

En la tabla A1.18 se detalla los accidentes presentes en el tramo 2:

Tabla A1. 18: Accidentes del tramo 2.

TRAMO 2	Tramo recto	34 m
	Accidentes	1 Entradas encañonadas → k = 0,78
		1 Salidas encañonadas → k = 1
		2 Válvulas atajaderas (abiertas) → L _{eq} = 3,5 m
		1 Válvula retención (totalmente abierta) → k = 2
		1 Te como divisor de caudal → k = 1
		3 Codos 90° standard → k = 0,75

Con los datos proporcionados en la tabla anterior se calcula la pérdida de carga de los accidentes:

$$\Delta F_{acc} = (1 \cdot 0,78 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1 + 3 \cdot 0,75) \cdot \frac{1,058^2}{2} + 2 \cdot 0,0034 \cdot 1,058^2 \cdot \frac{(2 \cdot 3,5)}{0,4802} = 4,048 \text{ J/Kg}$$

Por tanto, la pérdida total de energía mecánica en la conducción se obtiene sumando las pérdidas de carga lineal y localizada, obteniendo:

$$\Delta F = 0,539 + 4,048 = 4,587 \text{ J/Kg}$$

Carga total del sistema

Dado que se trata de un tramo en el que se va a impulsar un líquido, será necesario el uso de una bomba como equipo de impulsión.

Para el cálculo de la carga total del sistema, se plantea un balance de energía mecánica, expresando sus términos como cargas, usando la expresión A1.53:

$$h_s = (z_2 - z_1) + \frac{1}{g} \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} + \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \Delta F \right)$$

Teniendo en cuenta que las velocidades en los puntos 1 y 2 se desprecian, dado que el diámetro de la conducción en ambos puntos es el mismo y que las presiones en ambos puntos

son iguales a la presión hidrostática, siendo la altura de la columna de agua de 6 y 1 m respectivamente, y se obtiene:

$$h_s = (5 - 0) + \frac{1}{9,81} \left(\frac{111110 - 160160}{1000} + 4,587 \right) = 0,468 \text{ m}$$

Una vez hallada la carga total del sistema, se calcula la potencia que debe recibir el fluido para poder circular a través de la conducción mediante la ecuación A1.55, y se obtiene:

$$P = \frac{0,468 \cdot 9,81 \cdot 0,192 \cdot 1000}{0,7} = 1256 \text{ W}$$

Dado que el valor de la carga total del sistema es muy pequeño y el caudal volumétrico es muy grande no se encuentra ninguna bomba que cumpla con esas especificaciones, de modo que se seleccionará una bomba que se aproxime a las especificaciones que se necesita, por lo que se selecciona un modelo de la marca KBS SE & Co Spain, la serie SEWATEC/SEWABLOC D 200-315, cuyas curvas características se muestran en el Anexo N°6.

Considerando que en el sistema circula un caudal volumétrico de 690 m³/h, se coloca 2 bombas en paralelo de 345 m³/h, que la carga necesaria en el sistema es de 0,468 m y que la potencia de la bomba es 1256 W, se selecciona en la gráfica la bomba con diámetro de rodete de 280 mm y 875 rpm.

Con el caudal y la carga del sistema expuesto, la bomba trabajará en estas condiciones:

$$\begin{aligned} \eta &= 60 - 65\% \\ NPSH_{req} &= NPSH_3 = 1,1 \text{ m} \\ P &= 1,75 \text{ kW} \end{aligned}$$

Una vez obtenidos los datos anteriores, se debe comprobar que el NPSH disponible en la sección de aspiración sea como mínimo igual al requerido por la bomba, o se producirá cavitación.

Para el cálculo del NPSH disponible en la sección de aspiración se utiliza la expresión A1.50:

$$NPSH_{disponible} = (z_1 - z_3) + \frac{1}{g} \left(\frac{p_1 - p_v}{\rho} + \frac{v_1^2}{2\alpha} - \Delta F_a \right)$$

Previo al cálculo del NPSH disponible en la sección de aspiración se calcula la pérdida de carga en la zona de aspiración, la cual se calculará mediante la ecuación A1.52.

Al igual que anteriormente, se distinguirá dentro del tramo de aspiración entre pérdida de carga en tramos rectos y pérdida de carga por accidentes, para ello se usarán las ecuaciones A1.48 y A1.50:

$$\Delta F_{ar} = 2 \cdot 0,0034 \cdot 1,058^2 \cdot \frac{0,3}{0,4802} = 0,005 \text{ J/Kg}$$

$$\Delta F_{a \text{ acc}} = 1 \cdot \frac{1,058^2}{2} = 0,437 \text{ J/Kg}$$

Resultando por tanto:

$$\Delta F_a = \Delta F_{ar} + \Delta F_{a \text{ acc}} = 0,005 + 0,437 = 0,442 \text{ J/Kg}$$

Conociendo el dato de la pérdida de carga en la zona de aspiración de la bomba, la diferencia de alturas en los puntos 1 y 3 es 0, la presión en el punto 1 es igual a la presión hidrostática, siendo la altura de la columna de agua de 6 m, y la presión de vapor del agua a 15°C es 1705,8 Pa, se obtiene:

$$NPSH_{disponible} = \frac{1}{9,81} \left(\frac{160160 - 1705,8}{1000} + \frac{1,058^2}{2} - 0,442 \right) = 16,16 \text{ m}$$

Por tanto, se comprueba que no habrá cavitación, dado que:

$$NPSH_{disponible} > NPSH_{requerido}$$

$$16,16 > 1,1$$

Esto indica que la bomba usada en el tramo 2 es adecuada para las necesidades que se requiere.

6.3. TRAMO 3

Este tramo de conducción denominado recirculación de las membranas, transporta el agua residual desde el tanque de membranas hasta la zona aerobia del reactor biológico.

Se ha diseñado la conducción de modo que el fluido que circula en su interior tenga una velocidad máxima de 1,2 m/s. De este modo, teniendo en cuenta esta restricción y conociendo el caudal a transportar por la conducción, se determina el diámetro más adecuado.

En la tabla A1.19 se detalla el diámetro elegido para el tramo 3 de conducción.

Tabla A1. 19: Diámetro de la conducción del tramo 3.

Q (m ³ /s)	v (m/s)	D _{ext} (mm)	e (mm)	D _{int} (mm)
0,1389	1,199	400	8	384

Pérdidas de carga en la conducción

Una vez determinado el diámetro de la conducción, se calcula la pérdida total de energía mecánica de la conducción: la debida a los tramos rectos y a los accidentes.

Como paso previo se calcula Re, ε_r, f usando las ecuaciones A1.47 y A1.49:

$$Re = \frac{4 \cdot 0,1389 \cdot 1000}{1,14 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 0,384} = 403962,96$$

$$\varepsilon_r = \frac{0,000007}{0,384} = 1,82 \cdot 10^{-5}$$

$$4f = 0,0125 \rightarrow f = 0,0031$$

- La pérdida de carga lineal se calcula usando la ecuación A1.48:

$$\Delta F_r = 2 \cdot 0,0031 \cdot 1,199^2 \cdot \frac{18}{0,384} = 0,421 J/Kg$$

- La pérdida de carga localizada se calcula usando las expresiones A1.50 y A1.51:

En la tabla A1.20 se detalla los accidentes presentes en el tramo 3:

Tabla A1. 20: Accidentes del tramo 3.

TRAMO 3	Tramo recto	18 m
	Accidentes	1 Entrada encañonada → k = 0,78
		1 Salida encañonada → k = 1
		1 Válvula atajadera (abierta) → L _{eq} = 2,8 m
		1 Válvula retención (totalmente abierta) → k = 2
		1 Codo 180° → k = 1,5
		3 Codos 90° standard → k = 0,75

Con los datos proporcionados en la tabla anterior se calcula la pérdida de carga de los accidentes:

$$\Delta F_{acc} = (1 \cdot 0,78 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1,5 + 3 \cdot 0,75) \cdot \frac{1,199^2}{2} + 2 \cdot 0,0031 \cdot 1,199^2 \cdot \frac{(1 \cdot 2,8)}{0,384} = 5,481 \text{ J/Kg}$$

Por tanto, la pérdida total de energía mecánica en la conducción se obtiene sumando las pérdidas de carga lineal y localizada, obteniendo:

$$\Delta F = 0,4214 + 5,481 = 5,902 \text{ J/Kg}$$

Carga total del sistema

Dado que se trata de un tramo en el que se va a impulsar un líquido, será necesario el uso de una bomba como equipo de impulsión.

Para el cálculo de la carga total del sistema, se plantea un balance de energía mecánica, expresando sus términos como cargas, usando la expresión A1.48:

$$h_s = (z_1 - z_2) + \frac{1}{g} \left(\frac{v_1^2}{2\alpha_1} - \frac{v_2^2}{2\alpha_2} + \frac{p_1 - p_2}{\rho} + \Delta F \right)$$

Teniendo en cuenta que las velocidades en los puntos 1 y 2 se desprecian, dado que el diámetro de la conducción en ambos puntos es el mismo y que las presiones en ambos puntos son iguales a la presión hidrostática, siendo la altura de la columna de agua de 3 y 6 m respectivamente, se obtiene:

$$h_s = (2,9 - 0) + \frac{1}{9,81} \left(\frac{130.730 - 160.160}{1000} + 5,902 \right) = 0,502 \text{ J/Kg}$$

Una vez hallada la carga total del sistema, se calcula la potencia que debe recibir el fluido para poder circular a través de la conducción mediante la ecuación A1.55, y se obtiene:

$$P = \frac{0,502 \cdot 9,81 \cdot 0,139 \cdot 1000}{0,7} = 976,36 \text{ W}$$

Dado que el valor de la carga total del sistema es muy pequeño y el caudal volumétrico es muy grande no se encuentra ninguna bomba que cumpla con esas especificaciones, de modo que se seleccionará una bomba que se aproxime a las especificaciones que se necesita, por lo que se selecciona un modelo de la marca KBS SE & Co Spain, la serie Sewatec K 300-400, cuyas curvas características se muestran en el Anexo N°6.

Considerando que en el sistema circula un caudal volumétrico de 500 m³/h, que la carga necesaria en el sistema es de 0,502 m y que la potencia de la bomba es 976,362 W, se selecciona en la gráfica la bomba de $\phi 332/300/292/14,75^\circ/A06$ y 580 rpm.

Con el caudal y la carga del sistema expuesto, la bomba trabajará en estas condiciones:

$$\begin{aligned}\eta &= 60 - 75\% \\ NPSH_{req} &= NPSH_3 = 1,3m \\ P &= 3,8 kW\end{aligned}$$

Una vez obtenidos los datos anteriores, se debe comprobar que el NPSH disponible en la sección de aspiración sea como mínimo igual al requerido por la bomba, o se producirá cavitación.

Para el cálculo del NPSH disponible en la sección de aspiración se utiliza la expresión A1.56:

$$NPSH_{disponible} = (z_1 - z_3) + \frac{1}{g} \left(\frac{p_1 - p_v}{\rho} + \frac{v_1^2}{2\alpha} - \Delta F_a \right)$$

Previo al cálculo del NPSH disponible en la sección de aspiración se calcula la pérdida de carga en la zona de aspiración, la cual se calculará mediante la ecuación A1.52.

Al igual que anteriormente, se distinguirá dentro del tramo de aspiración entre pérdida de carga en tramos rectos y pérdida de carga por accidentes, para ello se usarán las ecuaciones A1.48 y A1.50:

$$\Delta F_{ar} = 2 \cdot 0,0031 \cdot 1,199^2 \cdot \frac{1,3}{0,384} = 0,030 J/Kg$$

$$\Delta F_{a acc} = (1 \cdot 0,78 + 1 \cdot 0,75) \cdot \frac{1,199^2}{2} = 1,100 J/Kg$$

Resultando por tanto:

$$\Delta F_a = \Delta F_{ar} + \Delta F_{a acc} = 0,030 + 1,100 = 1,131 J/Kg$$

Conociendo el dato de la pérdida de carga en la zona de aspiración de la bomba, la diferencia de alturas en los puntos 1 y 3 es 1 m, la presión en el punto 1 es igual a la presión hidrostática, siendo la altura de la columna de agua de 3 m, y la presión de vapor del agua a 15°C es 1705,8 Pa, se obtiene:

$$NPSH_{disponible} = (0 - 1) + \frac{1}{9,81} \left(\frac{130730 - 1705,8}{1000} + \frac{1,199^2}{2} - 1,131 \right)$$

$$= 12,11 \text{ m}$$

Por tanto, se comprueba que no habrá cavitación, dado que:

$$NPSH_{disponible} > NPSH_{requerido}$$

$$12,11 > 1,3$$

Esto indica que la bomba usada en el tramo 3 es adecuada para las necesidades que se requiere.

6.4. TRAMO 4

Este tramo de conducción denominado bombeo de las membranas, transporta el agua residual desde el tanque de membranas hasta el tanque de almacenamiento de permeado.

Se ha diseñado la conducción de modo que el fluido que circula en su interior tenga una velocidad máxima de 1,2 m/s. De este modo, teniendo en cuenta esta restricción y conociendo el caudal a transportar por la conducción, se determina el diámetro más adecuado.

En la tabla A1.21 se detalla el diámetro elegido para el tramo 4 de conducción.

Tabla A1. 21: Diámetro de la conducción del tramo 4.

Q (m ³ /s)	v (m/s)	D _{ext} (mm)	e (mm)	D _{int} (mm)
0,0347	1,199	200	4	192

Pérdidas de carga en la conducción

Una vez determinado el diámetro de la conducción, se calcula la pérdida total de energía mecánica de la conducción: la debida a los tramos rectos y a los accidentes.

Como paso previo se calcula Re, ϵ_r , f usando las ecuaciones A1.47 y A1.49:

$$Re = \frac{4 \cdot 0,0347 \cdot 1000}{1,14 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 0,192} = 201981,48$$

$$\epsilon_r = \frac{0,000007}{0,199} = 3,65 \cdot 10^{-5}$$

$$4f = 0,016 \rightarrow f = 0,004$$

- La pérdida de carga lineal se calcula usando la ecuación A1.48:

$$\Delta F_r = 2 \cdot 0,004 \cdot 1,199^2 \cdot \frac{20}{0,192} = 1,199 \text{ J/Kg}$$

- La pérdida de carga localizada se calcula usando las expresiones A1.50 y A1.51:

En la tabla A1.22 se detalla los accidentes presentes en el tramo 4:

Tabla A1. 22: Accidentes del tramo 4.

TRAMO 4	Tramo recto	20 m
	Accidentes	1 Salida encañonada $\rightarrow k = 1$
		6 Ensanchamientos $\rightarrow k = \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2}\right)^2 = \left(1 - \frac{0,09^2}{0,19^2}\right)^2 = 0,61$
		1 Válvula atajadera (abierta) $\rightarrow L_{eq} = 1,5 \text{ m}$
		1 Válvula retención (totalmente abierta) $\rightarrow k = 2$
		6 Tes usadas como codo $\rightarrow k = 1$
		8 Codos 90° standard $\rightarrow k = 0,75$

Con los datos proporcionados en la tabla anterior se calcula la pérdida de carga de los accidentes:

$$\Delta F_{acc} = (1 \cdot 1 + 6 \cdot 0,61 + 1 \cdot 2 + 6 \cdot 1 + 8 \cdot 0,75) \cdot \frac{1,199^2}{2} + 2 \cdot 0,0040 \cdot 1,199^2 \cdot \frac{(1 \cdot 1,5)}{0,192} = 13,504 \text{ J/Kg}$$

Dado que en este tramo de la conducción se encuentran las membranas, se calcula también la pérdida de carga generada por las mismas, la cual se expresa mediante la siguiente expresión:

$$\Delta F_m = \frac{\Delta P}{\rho} \quad (A1. 57)$$

Donde:

ΔF_m : La pérdida de carga generada por las membranas, J/Kg

ΔP : Presión máxima que puede soportar las membranas o la presión transmembrana máxima (PTM), Pa

Obteniendo:

$$\Delta F_m = \frac{55.000}{1.000} = 55 \text{ J/Kg}$$

Por tanto, la pérdida total de energía mecánica en la conducción se obtiene sumando las pérdidas de carga lineal, localizada y de las membranas, obteniendo:

$$\Delta F = 1,199 + 13,504 + 55 = 69,702 \text{ J/Kg}$$

Carga total del sistema

Dado que se trata de un tramo en el que se va a impulsar un líquido, será necesario el uso de una bomba como equipo de impulsión.

Para el cálculo de la carga total del sistema, se plantea un balance de energía mecánica, expresando sus términos como cargas, usando la expresión A1.53:

$$h_s = (z_1 - z_2) + \frac{1}{g} \left(\frac{v_1^2}{2\alpha_1} - \frac{v_2^2}{2\alpha_2} + \frac{p_1 - p_2}{\rho} + \Delta F \right)$$

Teniendo en cuenta que las velocidades en los puntos 1 y 2 se desprecian, dado que se supone que el diámetro de la conducción en ambos puntos es el mismo y que las presiones en ambos puntos son iguales a la presión hidrostática, siendo la altura de la columna de agua de 0,61 y 3,912 m respectivamente, se obtiene:

$$h_s = (0,58 - 0) + \frac{1}{9,81} \left(\frac{107.000 - 104.000}{1000} + 69,70 \right) = 4,38 \text{ m}$$

Una vez hallada la carga total del sistema, se calcula la potencia que debe recibir el fluido para poder circular a través de la conducción mediante la ecuación A1.55, y se obtiene:

$$P = \frac{4,38 \cdot 9,81 \cdot 0,035 \cdot 1.000}{0,7} = 2132,90 \text{ W}$$

Con el valor de la carga total del sistema, el caudal volumétrico y la potencia requerida se busca una bomba que cumpla con estas especificaciones, pero dado que el tipo de bomba seleccionada no dispone de curvas de rendimiento, sólo se tiene en cuenta que cumpla con el requisito de caudal volumétrico a tratar en esta conducción, por tanto no se puede averiguar el NPSH requerido. A pesar de ello, se ha hecho el cálculo el NPSH disponible.

Considerando que en el sistema circula un caudal volumétrico de 125 m³/h, se selecciona una bomba reversible de la marca BOYSER, el modelo LB-M/125, cuyo catálogo se encuentra en el Anexo N°6.

Para el cálculo del NPSH disponible en la sección de aspiración se utiliza la expresión A1.51:

$$NPSH_{disponible} = (z_1 - z_3) + \frac{1}{g} \left(\frac{p_1 - p_v}{\rho} + \frac{v_1^2}{2\alpha} - \Delta F_a \right)$$

Previo al cálculo del NPSH disponible en la sección de aspiración se calcula la pérdida de carga en la zona de aspiración, la cual se calculará mediante la ecuación A1.52.

Al igual que anteriormente, se distinguirá dentro del tramo de aspiración entre pérdida de carga en tramos rectos, pérdida de carga por accidentes y pérdida de carga de las membranas, para ello se usarán las ecuaciones A1.48, A1.50 y A1.58:

$$\Delta F_{ar} = 2 \cdot 0,004 \cdot 1,199^2 \cdot \frac{18}{0,192} = 1,08 \text{ J/Kg}$$

$$\Delta F_{a\text{acc}} = (8 \cdot 0,75 + 6 \cdot 1 + 6 \cdot 0,61) \cdot \frac{1,199^2}{2} = 11,26 \text{ J/Kg}$$

$$\Delta F_m = \frac{55.000}{1.000} = 55 \text{ J/Kg}$$

Resultando por tanto:

$$\Delta F_a = \Delta F_{ar} + \Delta F_{a\text{acc}} + \Delta F_m = 1,08 + 11,26 + 55 = 67,34 \text{ J/Kg}$$

Conociendo el dato de la pérdida de carga en la zona de aspiración de la bomba, la diferencia de alturas en los puntos 1 y 3 es 0,58 m, la presión en el punto 1 es igual a la presión hidrostática, siendo la altura de la columna de agua de 0,61 m, y la presión de vapor del agua a 15°C es 1705,8 Pa, se obtiene:

$$\begin{aligned} NPSH_{disponible} &= (0,58 - 0) + \frac{1}{9,81} \left(\frac{107.000 - 104.000}{1000} + \frac{1,199^2}{2} - 67,34 \right) \\ &= 4,55 \text{ m} \end{aligned}$$

Como ya se ha comentado antes, este dato no se puede comparar con los datos del fabricante, así que se ha supuesto que la bomba se adecua a las necesidades que se requiere.

5.5. TRAMO 5 Y 6

Estos tramos de conducción transportan los reactivos de limpieza de las membranas; por el tramo 5 se transporta el hipoclorito de sodio y por el tramo 6 se transporta el ácido cítrico.

La limpieza de las membranas tendrá lugar de dos a tres veces al año.

Dado que los caudales de dosificación son pequeños se opta por el uso del diámetro de tubería más pequeño del catálogo empleado, tal como se muestra en las tablas A1.23 y A1.24.

Tabla A1. 23: Diámetro de la conducción del tramo 5.

Q (m ³ /s)	v (m/s)	D _{ext} (mm)	e (mm)	D _{int} (mm)
2,59·10 ⁻⁵	4,08·10 ⁻³	90	0	90

Tabla A1. 24: Diámetro de la conducción del tramo 6.

Q (m ³ /s)	v (m/s)	D _{ext} (mm)	e (mm)	D _{int} (mm)
3,11·10 ⁻⁵	4,89·10 ⁻³	90	0	90

En la tabla A1.25 se detallan los accidentes que habrá en los tramos 5 y 6 de la conducción.

Tabla A1. 25: Accidentes en los tramos 5 y 6.

ACCIDENTES TRAMOS 5 Y 6	3 Válvulas atajaderas (abiertas)
	1 Válvula de retención (totalmente abierta)
	2 Entradas encañonadas
	3 Codos de 90° standard
	1 Te usada como codo

Los reactivos serán impulsados mediante bombas dosificadoras de la marca GRUNDFOS de la serie DME, que cubren volúmenes de dosificación comprendidos entre 60 l/h y 940 l/h.

Para el proyecto se ha elegido la bomba de dosificación para un caudal máximo de 150 l/h, ya que es el que más se aproxima a los caudales obtenidos, siendo los caudales 93,2 l/h y 112 l/h del tramo 5 y 6 respectivamente. Las especificaciones se detallan en el Anexo.

5.6. TRAMO 7

Este tramo de conducción transporta el reactivo necesario para la eliminación del fósforo de las aguas residuales a tratar, siendo el elegido el cloruro férrico.

El cloruro férrico se dosificará directamente en la tubería del tramo 1, antes de la arqueta de reparto de caudal.

Dado que el caudal de dosificación es pequeño se opta por el uso del diámetro de tubería más pequeño del catálogo empleado, tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla A1. 26: Diámetro de la conducción del tramo 7.

Q (m ³ /s)	v (m/s)	D _{ext} (mm)	e (mm)	D _{int} (mm)
3,26·10 ⁻⁷	5,12·10 ⁻⁵	90	0	90

Esta conducción estará implementada por los accidentes detallados en la tabla A1.27.

Tabla A1. 27: Accidentes en los tramos 7.

ACCIDENTES TRAMO 7	1 Válvula atajadera (abierta)
	1 Entrada encañonada
	1 Te usada como codo

El cloruro férrico será impulsado mediante una bomba dosificadora de la marca GRUNDFOS de la serie DDC AR, cuyo volumen de dosificación está comprendido entre 6 l/h a 15 l/h.

Para el proyecto se ha elegido la bomba de dosificación para un caudal máximo de 6 l/h, ya que es el que más se aproxima al caudal obtenido, siendo el caudal de 1,175 l/h. Las especificaciones se detallan en el Anexo N°6.

ANEXO N°2
ESTUDIO DE
SEGURIDAD Y
SALUD

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

ÍNDICE ANEXO N°2

1. MEMORIA.....	4
1.1 OBJETO DE ESTE ESTUDIO	4
1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS.....	4
1.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.....	4
1.3 INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS.....	4
1.4 PRESUPUESTO DE LAS OBRAS.....	5
1.5 PLAZO DE EJECUCIÓN.....	5
1.6 NUMERO DE OPERARIOS.....	5
1.7 DESCRIPCIÓN.....	5
1.7.1 FASES DE LA OBRA DE INTERÉS A LA PREVENCIÓN	5
1.7.2 MEDIDAS AUXILIARES.....	6
1.7.3 MAQUINARIA PREVISTA.....	6
1.8 RIESGOS PROFESIONALES.....	6
1.8.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	6
1.8.2 COLOCACIÓN TUBERÍAS	6
1.8.3 CIMENTACIONES	7
1.8.4 ENCOFRADOS	7
1.8.5 FERRALLADO	8
1.8.6 HORMIGONADO	8
1.8.7 MONTAJE DE PREFABRICADOS	8
1.8.8 CERRAMIENTO Y ALBAÑILERÍA	9
1.8.9 CUBIERTAS.....	9
1.8.10 ALICATADOS	9
1.8.11 ENFOCADOS Y ENLUCIDOS	9
1.8.12 SOLADOS	10
1.8.13 CARPINTERÍA METÁLICA.....	10
1.8.14 PINTURA Y BARNIZADO	11
1.8.15 INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES EN OBRA.....	11
1.9 MEDIOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA.....	11
1.9.1 SEÑALIZACIÓN GENERAL.....	11

1.9.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	12
1.9.3	ESTRUCTURA Y CERRAMIENTO	12
1.9.4	INSTALACIONES DE FUERZA Y ALUMBRADO	12
1.9.5	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	12
1.10	MEDIOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.....	13
1.10.1	PROTECCIÓN DE LA CABEZA	13
1.10.2	PROTECCIÓN DEL CUERPO	13
1.10.3	PROTECCIÓN EXTREMIDADES SUPERIORES	13
1.10.4	PROTECCIÓN INFERIORES.....	EXTREMIDADES 113
1.11	PREVENCIÓN DE DAÑOS A TERCEROS.....	13
1.12	MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS.....	14
1.12.1	BOTIQUINES.....	14
1.12.2	ASISTENCIA A ACCIDENTADOS.....	14
1.12.3	RECONOCIMIENTO MÉDICO	14
1.13	FORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE.....	14
1.14	LIBRO DE INCIDENCIAS.....	14
2.	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....	16
2.1	DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN.....	16
2.2	CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN.....	17
2.2.1	PROTECCIONES PERSONALES	17
2.2.2	NORMAS O MEDIDAS PREVENTIVAS COLECTIVAS.....	17
2.2.2.1	Fases de la obra	17
2.3	SERVICIOS DE PREVENCIÓN.....	37
2.3.1	SERVICIO TÉCNICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	37
2.3.2	SERVICIO MÉDICO.....	37
2.4	OBLIGACIONES DEL COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	37
2.5	OBLIGACIONES DE LOS CONTRATISTAS Y LAS SUBCONTRATAS....	38
2.6	OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS.....	39
2.7	INSTALACIONES MÉDICAS.....	40
2.8	INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR.....	40
2.9	PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.....	40

1. MEMORIA

1.1 OBJETO DE ESTE ESTUDIO

Este estudio de seguridad y salud establece, durante la ejecución de la obra “diseño y dimensionamiento” las directrices básicas en el campo de prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra según establece el Real Decreto 1627/1997, del 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS

1.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La obra proyectada son las instalaciones de un “Tratamiento secundario de aguas residuales urbanas”, que consiste en las siguientes etapas:

- Movimiento de tierras: desbroce y explanación de la parcela.
- Obra civil de los depósitos.
- Obra civil e instalación de tuberías exteriores que componen la línea de tratamiento.
- Obra civil de la caseta aislada e insonorizada.
- Instalación eléctrica y fontanería.
- Instalación de equipos.
- Automatización.
- Puesta en marcha y corrección de errores.

La descripción de cada uno de estos procesos viene detallada en la Memoria del presente proyecto.

1.3 INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS

Antes del comienzo de la obra se comprobarán los servicios que pudieran verse afectados por la obra (agua, teléfono, gas, alcantarillado...) para adoptar las medidas precisas ante cualquier eventualidad.

1.4 PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

El presupuesto base de licitación viene en la memoria del presente proyecto.

1.5 PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de las obras es de 6,5 meses de construcción más 1,5 de prueba, en total 8 meses. El plan de obra queda reseñado igualmente en este anteproyecto, remitiéndose a este para adoptar, en cada una de las unidades de ejecución que se reseñen a continuación como de posible riesgo, las medidas preventivas de seguridad y salud.

1.6 NUMERO DE OPERARIOS

Estimación de mano de obra en punta de ejecución: 10 operarios.

1.7 DESCRIPCIÓN

1.7.1 FASES DE LA OBRA DE INTERÉS A LA PREVENCIÓN

Según se desprende de la descripción de las obras, las fases de las obras que son de interés en la prevención:

- Movimientos de tierras, vaciados: Las excavaciones se realizarán con el sobreebanco que sea necesario en cada caso y dejando siempre el talud natural.
- Excavaciones en zanja para tuberías: para la instalación de red de tuberías, pertenecientes a la línea de agua, red de pluviales y demás excavaciones en zanja que se pudieran ejecutar. Al igual que en las excavaciones de vaciado, se adoptarán los sobreebanco que sean necesarios en cada caso, dejando el talud natural.
- Encofrados.
- Ferrallado: comprende el armado de los distintos elementos que componen el edificio y el armado de todas las cimentaciones de todos los edificios y depósitos y en general, en cualquier tipo de trabajo que suponga la manipulación de ferralla.
- Hormigonado: Puesta en obra del hormigón en cualquier elemento, en particular en cada uno de los procesos que componen la línea de agua.
- Cerramiento y albañilería: el edificio de las soplantes del filtro de arena, es de una planta baja, por lo que se tendrán en cuenta las medidas de seguridad necesarias.
- Cubiertas: las cubiertas son inclinadas no transitables.
- Instalaciones de fuerza y alumbrado: se incluye en esta fase la instalación provisional de obra, para dar servicio a las casetas de obra y maquinaria.

1.7.2 MEDIDAS AUXILIARES

Según se desprende de las fases de obra mencionadas, los medios auxiliares a utilizar y que pueden ser objeto de estudio de seguridad, son los siguientes:

- Andamios.
- Plataforma de soldador en altura.
- Escalera de mano.
- Puntales.

1.7.3 MAQUINARIA PREVISTA

- Maquinaria para el movimiento de tierras.
- Camión de transporte.
- Camión grúa.
- Camiones hormigonera.
- Dobladora mecánica de ferralla.
- Rodillo vibrante autopropulsado.

1.8 RIESGOS PROFESIONALES

1.8.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

- Desplome de tierras.
- Desprendimiento de tierras por alteración del corte por exposición a la intemperie durante largo tiempo.
- Desprendimiento de tierras por soportes próximos al borde de la excavación.
- Atropello, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para el movimiento de tierra.
- Caída de personas, maquinaria u objetos desde el borde de coronación de la excavación.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Interferencias con conducciones de agua enterradas.
- Interferencias con conducciones de energía eléctrica.

1.8.2 COLOCACIÓN TUBERÍAS

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.

- Desplome de los paramentos de la zanja.
- Atropellos y colisiones.
- Atropello de personas.
- Vuelcos del camión.

1.8.3 CIMENTACIONES

Las cimentaciones superficiales se realizarán mediante losa de hormigón o zapatas. Los riesgos se pueden producir durante el vaciado y durante la manipulación de hormigón, ferralla y encofrados.

- Desplome de tierras.
- Desplazamiento de la coronación de los taludes.
- Desplome de tierras (o rocas) por filtraciones.
- Desplome de tierras por bolos ocultos.
- Desplome de tierras por sobrecarga de los bordes de coronación de los taludes.
- Desprendimiento de tierras por alteración del corte por exposición a la intemperie durante largo tiempo.
- Desprendimiento de tierras por afloramiento del nivel freático.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caída de personas desde el borde de la coronación.
- Interferencia por conducciones de agua enterradas.
- Caída de personas al mismo nivel.

1.8.4 ENCOFRADOS

- Desprendimientos por mal apilado.
- Caída del encofrado durante los trabajos de encofrado o durante las maniobras de izado a las plantas.
- Caída de los encofradores en los trabajos de encofrado.
- Caída de personas al trabajar o caminar sobre los fondillos de las vigas, o por el borde o huecos del forjado.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Cortes al utilizar la sierra de mano o circular.
- Golpes en las manos durante la clavazón.

- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Electrocuación por anulación de tomas de tierra de maquinaria eléctrica.

1.8.5 FERRALLADO

- Cortes y heridas en manos y pies por manejo de redondos de acero.
- Aplastamiento durante las operaciones de carga y descarga de paquetes de ferralla.
- Golpes por caída o giro descontrolado de la carga suspendida.
- Tropezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.

1.8.6 HORMIGONADO

- Caída de personas y/u objetos al mismo nivel.
- Caída de personas y/u objetos a distinto nivel.
- Hundimiento de encofrados.
- Rotura o reventón de encofrados.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Pisadas sobre superficies de tránsito.
- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos)
- Fallo de entibaciones.
- Corrimientos de tierras.
- Atrapamientos.
- Electrocuación. Contactos eléctricos.

1.8.7 MONTAJE DE PREFABRICADOS

- Golpes a las personas por el transporte en suspensión de grandes piezas.
- Atrapamientos durante maniobras de ubicación.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de persona a distinto nivel.
- Vuelco de piezas prefabricadas.
- Desplome de piezas prefabricadas.

- Cortes por manejo de herramientas manuales.
- Cortes o golpes por manejo de máquinas o herramientas.
- Aplastamientos de manos o pies al recibir piezas.
- Los derivados de la realización de trabajos bajo régimen de fuertes vientos.

1.8.8 CERRAMIENTO Y ALBAÑILERÍA

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos sobre las personas.
- Golpes contra objetos.
- Cortes por el manejo de objetos y herramientas manuales.
- Dermatitis por contactos.
- Partículas en los ojos.
- Sobreesfuerzos.
- Electrocuci3n.

1.8.9 CUBIERTAS

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de objetos a niveles inferiores.

1.8.10 ALICATADOS

- Golpes por manejo de objetos y herramientas manuales.
- Cortes por manejo de objetos con aristas cortantes o herramientas manuales.
- Caídas a distinto nivel.
- Cortes en los pies por pisadas sobre cascotes y materiales con aristas cortantes.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Dermatitis por contacto con el cemento.
- Contactos con la energía eléctrica.
- Afecciones respiratorias.
- Sobreesfuerzos.

1.8.11 ENFOSCADOS Y ENLUCIDOS

- Cortes por uso de herramientas, (paletas, paletines, terrajas, miras).

- Golpes por uso de herramientas, (miras, reglas, terrajas, maestras).
- Caídas al vacío (fachadas).
- Caídas al mismo nivel.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Dermatitis de contacto con el cemento y aglomerantes.
- Contactos con la energía eléctrica.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos con la energía eléctrica

1.8.12 SOLADOS

- Caídas al mismo nivel.
- Cortes por manejo de elementos con aristas o bordes cortantes.
- Afecciones reumáticas por humedad en las rodillas.
- Dermatitis por contacto con el cemento.
- Caídas a distinto nivel.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Sobreesfuerzos.
- Contactos con la energía eléctrica.

1.8.13 CARPINTERÍA METÁLICA

- Caídas al mismo nivel.
- Caída a distinto nivel.
- Caídas al vacío (carpintería en fachada).
- Cortes por manejo de máquinas herramientas manuales.
- Cortes y golpes por objetos o herramientas.
- Atrapamiento entre objetos.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Caídas de elementos de carpintería metálica sobre personas o cosas.
- Los derivados de los medios auxiliares a utilizar.
- Contactos con la energía eléctrica.
- Sobreesfuerzos.

1.8.14 PINTURA Y BARNIZADO

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al vacío (pintura de fachadas y asimilables).
- Cuerpos extraños en los ojos (gotas de pintura, motas de pigmentos)
- Contacto con sustancias corrosivas.
- Los derivados de la rotura fortuita de las mangueras de los compresores.
- Contactos con la energía eléctrica.
- Sobreesfuerzos.

1.8.15 INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES EN OBRA

- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Los derivados de caída de tensión por sobrecarga.
- Mal funcionamiento de los mecanismos de protección.
- Mal comportamiento de las tomas de tierra.

1.9 MEDIOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

Las normas de seguridad y las características concretas de los medios de protección a adoptar en cada una de las fases que pueden ser objeto de prevención se desarrollan detalladamente en el Pliego de Condiciones.

1.9.1 SEÑALIZACIÓN GENERAL

- Señales de STOP en salidas de vehículos
- Obligatorio uso de casco, cinturón de seguridad, gafas, mascarilla, protectores auditivos, botas y guantes.
- Riesgo eléctrico, caída de objetos, caída a distinto nivel, maquinaria pesada en movimiento, cargas suspendidas, incendio y explosiones.
- Entrada y salida de vehículos.
- Pórtico limitación de galibo en pasos bajo líneas eléctricas aéreas.
- Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra
- Prohibido encender fuego, prohibido fumar y prohibido aparcar, en zona de obras.

- Señal informativa de localización de botiquín y de extintor.
- Cinta de balizamiento.

1.9.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Se señalará mediante una línea (en yeso, cal, etc.) la distancia de seguridad mínima de aproximación, 2 m, al borde del vaciado.

La coronación de taludes del vaciado a las que deben acceder las personas, se protegerán mediante una barandilla, cuyas características vienen definidas en el Pliego de Condiciones.

Se instalará una barrera de seguridad (valla, barandilla, acera, etc.) de protección del acceso peatonal al fondo de la excavación, separada de la superficie dedicada al tránsito de vehículos.

1.9.3 ESTRUCTURA Y CERRAMIENTO

- Mallazo resistente en huecos horizontales.
- Barandillas rígidas en borde de forjado.
- Plataformas voladas para retirar elementos de encofrado.
- Castilletes de hormigonado.
- Carro porta-botellas.
- Válvulas antirretroceso en mangueras.
- Se utilizarán andamios sobre borriquetes o tubulares, de 60 cm de ancho con barandilla.

1.9.4 INSTALACIONES DE FUERZA Y ALUMBRADO

- Conductor de protección y pica o placa de puesta a tierra.
- Interruptores diferenciales de 30mA. de sensibilidad para alumbrado y de 300mA. para fuerza.

1.9.5 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Se emplearán extintores portátiles, situados de forma visible en zonas accesibles de la obra.

1.10 MEDIOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

1.10.1 PROTECCIÓN DE LA CABEZA

- Cascos: Para todas las personas que trabajan en la obra, incluidos visitantes.
- Gafas contra impactos y antipolvo.
- Mascarillas antipolvo.
- Filtros para mascarilla.
- Pantalla contra proyección de partículas.
- Protectores auditivos.

1.10.2 PROTECCIÓN DEL CUERPO

- Cinturón de seguridad, cuya clase se adaptará a los riesgos específicos de cada trabajo.
- Cinturón antivibratorio.
- Monos: Se tendrán en cuenta las reposiciones a lo largo de la obra, según Convenio Colectivo Provincial.
- Trajes de agua: se prevé un acopio en obra.
- Mandil de cuero.

1.10.3 PROTECCIÓN EXTREMIDADES SUPERIORES

- Guantes de goma finos, para albañiles y operarios que trabajen en hormigonado.
- Guantes de cuero y anticorte para manejo de materiales y objetos.
- Guantes dieléctricos para su utilización en baja tensión.
- Equipo de soldador.

1.10.4 PROTECCIÓN EXTREMIDADES INFERIORES

- Botas de agua, de acuerdo con MT.27.
- Botas de seguridad, clase III.

1.11 PREVENCIÓN DE DAÑOS A TERCEROS

- Se prevé el cercado con valla, incluso puertas de acceso de personal y vehículos, en aquellos casos en que sea necesario.
- Se señalizará la obra convenientemente, quedando prohibida la entrada a toda persona ajena a la obra.

1.12 MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

1.12.1 BOTIQUINES

Se dispondrá de dos botiquines conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

1.12.2 ASISTENCIA A ACCIDENTADOS

Se dispondrá en lugares visibles listas con los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de asistencia.

1.12.3 RECONOCIMIENTO MÉDICO

Todo el personal que empiece a trabajar en la obra, pasará un reconocimiento médico previo al trabajo y que será repetido en el periodo de un año.

1.13 FORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE

Todo el personal debe recibir, al ingresar en la obra, exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que estos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberá adoptar.

1.14 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 habilitado al efecto.

El libro de incidencias será facilitado por:

- a) El colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de Seguridad y Salud.
- b) La Oficina de Supervisión de Proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las Administraciones Públicas.

El libro de incidencias, que deberá mantener siempre en la obra, estará en poder del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. A dicho libro tendrán acceso la dirección facultativa de la obra, los Contratistas y los Subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en

el trabajo de Administraciones Públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo, relacionadas con fines que al libro se le reconocen.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el Coordinador en materia de seguridad y salud, durante la ejecución de la obra, 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 realice la obra. Igualmente deberán notificar las anotaciones en el libro al Contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

2. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1 DISPOSICIONES LEGALES DE APLICACIÓN

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre. Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, del 17 de Enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Estatuto de los Trabajadores.
- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas en Seguridad y Salud.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OM 9-3-71) (BOE 16-3-71).
- Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (OM 9-3-71) (BOE 11.3.71).
- Comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Decreto 432/71, 11-3-71) (BOE 16-3-71).
- Reglamento de Seguridad e Higiene en la Industria de la Construcción (OM 20-5-52) (BOE 15-6-52).
- Reglamento de los Servicios Médicos de Empresa (OM 21-11-59) (BOE 27-11-59).
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (OM 28-8-70) (BOE 5/7/8/9-9-70).
- Homologación de medios de protección personal de los trabajadores (OM17-5-74) (BOE 29-5-74).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (OM 20-9-73) (BOE 9-10-73).
- Reglamento de aparatos elevadores para obras (OM 23-5-77) (BOE 14-6-77).
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.
- Demás disposiciones oficiales relativas a la Seguridad e Higiene y Medicina del Trabajo que puedan afectar a los trabajos que se realicen en la obra.
- Reglamento de Seguridad en las máquinas (26-5-86) (BOE 21-7-86).
- LEY 54/2003, de 12 de Diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.

2.2 CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva tendrán fijado un periodo de vida útil, desechándose a su término.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente), será desechado y reemplazado al momento.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holgura o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán reemplazadas inmediatamente.

El uso de una prenda o equipo de protección nunca representará un riesgo en sí mismo.

2.2.1 PROTECCIONES PERSONALES

Todo elemento de protección personal se ajustará a las Normas de Homologación del Ministerio de Trabajo (OM 17-5-74) (BOE 29-5-74), siempre que exista en el mercado.

En los casos en que no exista Norma de Homologación Oficial, serán de calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

2.2.2 NORMAS O MEDIDAS PREVENTIVAS COLECTIVAS

2.2.2.1 Fases de la obra

2.2.2.1.1 Vaciados

La coronación de taludes del vaciado a las que deben acceder las personas se protegerán mediante una barandilla de 90 cm de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié, situadas a dos metros como mínimo del borde de coronación del talud (como norma general).

Se prohíbe realizar cualquier trabajo al pie de taludes inestables.

Como norma general, habrá que entibar los taludes que cumplan cualquiera de las siguientes condiciones expuestas en la tabla 6.1:

Tabla 6.1. Condiciones para cuando entibar taludes.

Pendiente	Tipo de terreno
1	Terrenos movedizos, desmontables
0,5	Terrenos blandos pero resistentes
1/3	Terrenos muy compactos

La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 metros para vehículos ligeros, y de 4 metros para vehículos pesados.

Se desmochará el borde superior del corte vertical en bisel, con pendiente 1/1, 1/2 ó 1/3, según el tipo de terreno, estableciéndose la distancia mínima de seguridad de aproximación al borde, a partir del corte superior del bisel. (En este caso como norma general será de 2 m. más la longitud de la proyección en planta del corte inclinado).

2.2.2.1.2 Zanjas

El acceso y salida de una zanja se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en el borde superior de la zanja y estará apoyada en una superficie sólida de reparto de cargas. La escalera sobrepasará un metro del borde de la zanja.

Quedan prohibidos los acopios (tierras, materiales, etc.) a una distancia inferior a los 2,00 m como norma general, del borde de la zanja.

Cuando la profundidad de una zanja sea igual o superior a los 2 m. se protegerán los bordes de coronación mediante una barandilla reglamentaria (pasamanos, listón intermedio y rodapié) situada a una distancia mínima de 2 m.

Cuando la profundidad sea inferior a los 2 m se instalará una señalización de peligro, con vallas y/o cordón de balizamiento, o bien con una línea de cal o yeso situada a dos metros del borde de la zanja y paralela a la misma.

2.2.2.1.3 Encofrados

El ascenso y descenso del personal a los encofrados se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán listones sobre los fondos de madera de las losas de escalera para permitir un más seguro tránsito en esta fase y evitar deslizamientos.

Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de aquellas losas horizontales para impedir la caída al vacío de las personas.

Se esmerará el orden y la limpieza durante la ejecución de los trabajos.

Los clavos sueltos o arrancados se eliminarán mediante un barrido y apilado en lugar conocido para su posterior retirada.

Se instalarán las señales correspondientes de peligro.

El desencofrado se realizará siempre con ayuda de uñas metálicas realizándose siempre desde el lado del que no puede desprenderse la madera, es decir, desde el ya desencofrado.

No se debe encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caídas desde altura mediante la rectificación de la situación de las redes.

No se debe pisar directamente sobre las sopandas. Se tenderán tableros que actúen de "caminos seguros" y se circulará sujetos a cables de circulación con el cinturón de seguridad.

El empresario garantizará a la Dirección Facultativa que el trabajador es apto o no para el trabajo de encofrador, o para el trabajo en altura.

Antes del vertido del hormigón, el Comité de Seguridad y en su caso, el

Vigilante de Seguridad, comprobará en compañía del técnico cualificado, la buena estabilidad del conjunto.

2.2.2.1.4 Ferrallado

El transporte aéreo de paquetes de armaduras mediante grúa se ejecutará suspendida la carga de dos puntos, para evitar deformaciones y desplazamientos no deseados.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres, y recortes de ferralla en torno al banco.

Se prohíbe trepar por las armaduras.

2.2.2.1.5 Trabajos de hormigonado

Vertidos directos mediante canaleta:

Se deben instalar fuertes topes al final del recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

No se deben acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. (como norma general) del borde de la excavación.

Se evitará situar a los operarios detrás de los camiones hormigonera durante el retroceso.

Se instalarán barandillas sólidas en el frente de la excavación protegiendo el tajo de guía de la canaleta.

Se instalará un cable de seguridad amarrado a "puntos sólidos", en el que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad en los tajos con riesgo de caída desde altura.

La maniobra de vertido será dirigida por un Capataz que vigilará no se realicen maniobras inseguras.

Vertido mediante cubo o cangilón:

No se debe permitir cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se señalizará mediante una traza horizontal, ejecutada con pintura en color amarillo, el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible.

Se señalizará mediante trazas en el suelo, (o "cuerda de banderolas") las zonas batidas por el cubo.

La apertura del cubo para vertido se ejecutará exclusivamente accionando la palanca para ello, con las manos protegidas con guantes impermeables.

La maniobra de aproximación, se dirigirá mediante señales preestablecidas fácilmente inteligibles por el gruista o mediante teléfono autónomo.

Se procurará no golpear con cubo los encofrados ni las entibaciones.

Del cubo (o cubilete) penderán cabos de guía para ayuda a su correcta posición de vertido. Se prohíbe guiarlo o recibirlo directamente, en prevención de caídas por movimiento pendular del cubo.

Vertido de hormigón mediante bombeo:

El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

La manguera terminal de vertido, será gobernada por un mínimo a la vez de dos operarios, para evitar las caídas por movimiento incontrolado de la misma.

Antes del inicio del hormigonado de una determinada superficie (un forjado o losas por ejemplo), se establecerá un camino de tablones seguro sobre los que apoyarse los operarios que gobiernan el vertido con la manguera.

El hormigonado de pilares y elementos verticales, se ejecutará gobernando la manguera desde castilletes de hormigonado.

El manejo, montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado, será dirigido por un operario especialista, en evitación de accidentes por "tapones" y "sobre presiones" internas.

Antes de iniciar el bombeo de hormigón se deberá preparar el conducto (engrasar las tuberías) para evitar posibles tapones.

Se revisarán periódicamente los circuitos de aceite de la bomba de hormigonado.

Normas o medidas preventivas tipo de aplicación durante el hormigonado de cimientos (zapatas, zarpas y riostras):

Se debe tener presente, que la prevención que a continuación se describe, debe ir en coordinación con la prevista durante el movimiento de tierras efectuado en el momento de su puesta en obra.

Antes del inicio del vertido del hormigón, el Capataz (o Encargado), revisará el buen estado de seguridad de las entibaciones.

Antes del inicio del hormigonado el Capataz (o Encargado), revisara el buen estado de seguridad de los encofrados en prevención de reventones y derrames.

Se mantendrá una limpieza esmerada durante esta fase. Se eliminarán antes del vertido del hormigón puntas, restos de madera, redondos y alambres.

Se instalarán pasarelas de circulación de personas sobre las zanjas a hormigonar, formadas por un mínimo de tres tablones trabados (60 cm. de anchura).

Se establecerán pasarelas móviles, formadas por un mínimo de tres tablones sobre las zanjas a hormigonar, para facilitar el paso y los movimientos necesarios del personal de ayuda al vertido.

Se establecerán a una distancia mínima de 2 m. (como norma general) fuertes topes de final de recorrido, para los vehículos que deban aproximarse al borde de zanjas (o zapatas) para verter hormigón (Dumper, camión hormigonera).

Siempre que sea posible, el vibrado se efectuará estacionándose el operario en el exterior de la zanja.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabado móviles, formadas por un mínimo de tres tablones que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

Normas o medidas preventivas tipo de aplicación durante el hormigonado de muros:

Antes del inicio del vertido del hormigón, el Capataz (o Encargado), revisará el buen estado de seguridad de las entibaciones de contención de tierras de los taludes del vaciado que interesan a la zona de muro que se va a hormigonar, para realizar los refuerzos o saneos que fueran necesarios.

El acceso al trasdós del muro (espacio comprendido entre el encofrado externo y el talud del vaciado), se efectuará mediante escaleras de mano. No se debe permitir el acceso "escalando el encofrado", por ser una acción insegura.

Antes del inicio del hormigonado, el Capataz (o Encargado), revisará el buen estado de seguridad de los encofrados en prevención de reventones y derrames.

Antes del inicio del hormigonado, y como remate de los trabajos de encofrado, se habrá construido la plataforma de trabajo de coronación del muro desde la que ayudar a las labores de vertido y vibrado.

La plataforma de coronación de encofrado para vertido y vibrado, que se establecerá a todo lo largo del muro; tendrá las siguientes dimensiones:

- Longitud: la del muro.
- Anchura: sesenta centímetros, (3 tablones mínimo).
- Sustentación: jabalcones sobre el encofrado.
- Protección: barandillas de 90 cm. de altura formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm.
- Acceso: mediante escalera de mano reglamentaria (ver el apartado dedicado a las escaleras de mano).

Se establecerán a una distancia mínima de 2 m. (como norma general), fuertes topes de final de recorrido, para los vehículos que deban aproximarse al borde de los taludes del vaciado, para verter el hormigón (Dumper, camión, hormigonera).

El vertido del hormigón en el interior del encofrado se hará repartiéndolo uniformemente a lo largo del mismo, por tongadas regulares, en evitación de sobrecargas puntuales que puedan deformar o reventar el encofrado.

El desencofrado del trasdós del muro (zona comprendida entre éste y el talud del vaciado) se efectuará, lo más rápidamente posible, para no alterar la entibación si la hubiese, o la estabilidad del talud natural.

Normas o medidas preventivas de aplicación durante el hormigonado de pilares y jácenas:

Antes del inicio del vertido del hormigón, el Capataz (o el encargado), revisará el buen estado de la seguridad de los encofrados, en prevención de accidentes por reventones o derrames.

Antes del inicio del hormigonado, se revisará la correcta disposición y estado de las redes de protección de los trabajos de estructura.

No se debe permitir, bajo ningún concepto, trepar por los encofrados de los pilares o permanecer en equilibrio sobre los mimos.

Se vigilará el buen comportamiento de los encofrados durante el vertido del hormigón, paralizándolos en el momento que se detecten fallos. No se reanudará el vertido hasta restablecer la estabilidad mermada.

El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado".

El hormigonado y vibrado del hormigón de jácenas (o vigas), se realizará desde andamios metálicos modulares o andamios sobre borriquetas reglamentarias, construidas al efecto.

La cadena de cierre del acceso de la "torreta o castillete de hormigonado" permanecerá amarrada, cerrando el conjunto siempre que sobre la plataforma exista algún operario.

Se revisará el buen estado de los huecos en el forjado, reinstalando las "tapas" que falten y clavando las sueltas, diariamente.

Se revisará el buen estado de las viseras de protección contra caída de objetos, solucionándose los deterioros diariamente.

Se esmerará el orden y limpieza durante esta fase. El barrido de puntas, clavos y restos de madera y de serrín será diario.

2.2.2.1.6 Cerramiento y albañilería

Los huecos existentes en el suelo permanecerán protegidos, para la prevención de caídas.

A las zonas de trabajo se accederá siempre de forma segura.

Las zonas de trabajo serán limpiadas de escombros, para evitar acumulaciones innecesarias.

No se lanzarán cascotes directamente por las aperturas de fachadas.

2.2.2.1.7 Cubiertas

Todos los huecos de la cubierta permanecerán tapados.

El acceso a la cubierta se realizará con escaleras de mano, sobrepasando 1 m la altura a salvar.

Se instalarán señales de peligro en los forjados avisando del riesgo de caminar sobre las bovedillas.

Las barandillas rodearán los perímetros de los forjados, y teniendo la suficiente resistencia para garantizar la retención de personas.

2.2.2.1.8 ALICATADOS

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas se ejecutará en vía húmeda para evitar la formación de polvo ambiental durante el trabajo.

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas se ejecutará en locales abiertos, (o a la intemperie), para evitar respirar el aire con gran cantidad de polvo.

Los andamios sobre borriquetas a utilizar, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a los 60cm.

Se prohíbe utilizar a modo de borriquetas para formar andamios, bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Las zonas de trabajo tendrán una iluminación mínima de 100 lux a una altura sobre el suelo en torno a 2 metros.

La iluminación mediante portátiles se hará con portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla y alimentados a 24 V.

Se prohíbe el conexionado de cables eléctricos a los cuadros de alimentación sin la utilización de las clavijas macho- hembra, en prevención del riesgo eléctrico.

Las cajas de plaquetas en acopio nunca se dispondrán de forma que obstaculicen los lugares de paso, para evitar los accidentes por tropiezo.

2.2.2.1.9 Enfoscados y enlucidos

En todo momento se mantendrán limpias y ordenadas las superficies de tránsito y de apoyo para realizar los trabajos de enfoscado para evitar los accidentes por resbalón.

Los andamios para enfoscados de interiores se formarán sobre borriquetas. Se prohíbe el uso de escaleras, bidones, pilas de material, etc., para estos fines, para evitar los accidentes por trabajar sobre superficies inseguras.

Se colgarán de elementos firmes de la estructura, cables en los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad para realizar trabajos sobre borriquetas en los lugares con riesgo de caída desde altura, según detalles en planos.

Las zonas de trabajo tendrán una iluminación mínima de 100 lux, medidos a una altura sobre el suelo de 2 metros.

La iluminación mediante portátiles se hará con portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla y alimentados a 24 V.

Se prohíbe el conexionado de cables eléctricos a los cuadros de alimentación sin la utilización de las clavijas macho- hembra, en prevención del riesgo eléctrico.

Las “miras” (reglas, tablones, etc.) se cargarán al hombro en su caso, de tal forma que al caminar, el extremo que va por delante, se encuentre por encima de la altura del casco de quien lo transporta, para evitar los golpes a otros operarios.

El transporte de “miras” sobre carretillas, se efectuará atando firmemente el paquete de miras a la carretilla, para evitar los accidentes por desplome de las miras.

El transporte de sacos de aglomerantes o de áridos se realizará preferentemente sobre carretilla de mano para evitar sobreesfuerzos.

2.2.2.1.10 Solados

El corte de piezas de pavimento en vía seca con sierra circular, se efectuará situándose el cortador a sotavento, para evitar en lo posible respirar los productos en suspensión.

Las zonas de trabajo tendrán una iluminación mínima de 100 lux, medidos a una altura sobre el suelo de 2 metros.

Las piezas de pavimento se izarán a las plantas sobre plataformas implantadas, correctamente apiladas dentro de las cajas de suministro que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido.

En los lugares de tránsito de personas, se acotarán con cuerda de banderolas las superficies recientemente soladas, para evitar posibles caídas.

Las cajas o paquetes de pavimento, nunca se dispondrán de forma que obstaculicen los lugares de paso, para evitar accidentes por tropiezo.

Cuando esté en fase de pavimentación un lugar de paso y comunicación interno de la obra, se cerrará el acceso, indicándose itinerarios alternativos mediante señales de dirección obligatoria.

Los lugares en fase de pulimento se señalarán mediante rótulos de: "peligro, pavimento resbaladizo".

Las pulimentadoras y abrillantadoras a utilizar, estarán dotadas de doble aislamiento, para evitar los accidentes por riesgo eléctrico.

Las pulimentadoras y abrillantadoras a utilizar, tendrán el manillar revestido de material aislante de la electricidad.

Las pulimentadoras y abrillantadoras estarán dotadas de protección antiatrapamientos, (o abrasiones), por contacto con los cepillos y lijas.

Las operaciones de mantenimiento y sustitución o cambio de cepillos o lijas, se efectuarán siempre con la máquina desenchufada de la red eléctrica para evitar los accidentes por riesgo eléctrico.

Los lodos, producto de los pulidos, serán orillados siempre hacia zonas no de paso y eliminados inmediatamente de la planta.

Se colgarán cables de seguridad anclados a elementos firmes de la estructura, según detalles de planos, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad para realizar los trabajos de instalación del peldaño definitivo de las escaleras.

2.2.2.1.11 Carpintería metálica

Los elementos de carpintería se descargarán en bloques perfectamente atados, pendientes mediante eslingas.

Los acopios de carpintería metálica, se acopiarán en los lugares destinados para tal efecto en los planos.

En todo momento se mantendrán libres los pasos o caminos de intercomunicación interior y exterior de la obra para evitar los accidentes por tropiezos por interferencias.

El izado de las plantas mediante el gancho de la grúa se ejecutará por bloques de elementos flejados o atados. Nunca elementos sueltos de forma desordenada. A la llegada a las plantas se soltarán los flejes para su distribución y puesta en obra.

El Vigilante de Seguridad, comprobará que todas las carpinterías en fase de “presentación”, permanezcan perfectamente acunadas y apuntaladas, para evitar accidentes por desplomes.

En todo momento se mantendrán libres de cascotes metálicos y demás objetos punzantes, para evitar los accidentes por pisadas sobre objetos.

Se desmontarán únicamente en los tramos necesarios, aquellas protecciones, que obstaculicen el paso de los elementos de la carpintería metálica; una vez introducidos los cercos, etc. en la planta se repondrán rápidamente.

Antes de la utilización de la máquina- herramienta, el operario deberá estar provisto del documento expreso de autorización de manejo de esa determinada máquina.

Antes de la utilización de cualquier máquina- herramienta, se comprobará que se encuentra en óptimas condiciones y con todos los mecanismos y protectores de seguridad instalados en perfectas condiciones.

Los andamios para recibir las carpinterías metálicas desde el interior de las fachadas, estarán limitados en su parte delantera, por una barandilla sólida de 90 cm. De altura, medida desde la superficie de trabajo, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié para evitar el riesgo de caídas desde altura.

Buscar soluciones en la línea que se describe, dentro del apartado de albañilería, para la construcción de fachadas desde el interior.

El “cuelgue” de los elementos se efectuará por un mínimo de una cuadrilla, para evitar el riesgo de vuelcos, golpes y caídas.

Los tramos metálicos longitudinales, transportados al hombro 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 con los demás operarios.

Se prohíbe utilizar a modo de borriquetas los bidones, cajas o pilas de material y asimilables, para evitar trabajar sobre superficies inestables.

Se dispondrán anclajes de seguridad en las jambas de los ventanales, a los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad, durante las operaciones de instalación en fachadas de la carpintería metálica.

Las zonas interiores de trabajo, tendrán una iluminación de 100 lux, medidos a una altura sobre el suelo de 2 metros.

Toda la maquinaria eléctrica a utilizar en esta obra estará dotada de toma de tierra en combinación con los disyuntores diferenciales del cuadro general de la obra, o de doble aislamiento.

Se prohíbe la anulación de la toma de tierra de las mangueras de alimentación.

Se notificará a dirección las desconexiones habidas por funcionamiento de los disyuntores diferenciales.

Los operarios estarán con el fiador del cinturón de seguridad sujeto a los elementos sólidos que están previstos en los planos.

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.

2.2.2.1.12 Pintura y barnizado

Las pinturas se almacenarán en los lugares señalados en los planos con el título

“Almacén de Pinturas”, manteniéndose siempre la ventilación por “tiro de aire”, para evitar los riesgos de incendios y de intoxicaciones.

Se instalará un extintor de polvo químico seco al lado de la puerta de acceso al almacén de pinturas.

Sobre la hoja de la puerta de acceso al almacén de pinturas, se instalará una señal de “peligro de incendios” y otra de “prohibido fumar”.

Los botes industriales de pinturas y disolventes se apilarán sobre tablones de reparto de cargas para evitar sobrecargas innecesarias.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se evitará la formación de atmósferas nocivas manteniéndose siempre ventilado el local que se está pintando.

Se tenderá cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes según planos, de los que amarrar los fiados del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caídas desde altura.

Los andamios para pintar tendrán una superficie de trabajo de una anchura mínima de 60 cm. (tres tablones trabados), para evitar los accidentes por trabajos realizados sobre superficies angostas.

Se prohíbe la formación de andamios a base de un tablón apoyado en los peldaños de dos escaleras de mano, tanto de las de apoyo libre como las de tijera, para evitar el riesgo de caída a distinto nivel.

Se prohíbe la formación de andamios a base de bidones, pilas de materiales y asimilables, para evitar la realización de trabajos sobre superficies inseguras.

Las zonas de trabajo tendrán una iluminación mínima de 100 lux, medidos a una altura sobre el suelo de 2 metros.

La iluminación mediante portátiles se hará con portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla y alimentados a 24 V.

Se prohíbe el conexionado de cables eléctricos a los cuadros de alimentación sin la utilización de las clavijas macho- hembra, en prevención del riesgo eléctrico.

Las escaleras a utilizar serán tipo tijera, dotadas de zapatas antideslizantes y de cadenilla limitadora de apertura.

Las operaciones de lijado mediante lijadora eléctrica manual, se ejecutarán siempre bajo ventilación por "corriente de aire", para evitar los accidentes por trabajar en el interior de atmósferas nocivas.

El vertido de pigmentos en el soporte se realizará desde la menor altura posible, para evitar las salpicaduras y formación de atmósferas pulverulentas.

Se prohíbe fumar y comer en las estancias en las que se pinte con pinturas que contengan disolventes orgánicos o pigmentos tóxicos.

2.2.2.2 Instalación eléctrica provisional en obra

2.2.2.2.1 Normas prevención para los cables

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar en función del cálculo para la maquinaria e iluminación prevista.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables.

2.2.2.2.2 Normas de prevención para los interruptores

Se ajustarán a los especificados en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Las cajas de interruptores poseerán adheridas sobre su puerta una señal de "peligro electricidad".

2.2.2.2.3 Normas de prevención para los cuadros eléctricos

Serán metálicos de tipo para la intemperie, con puerta y cerraja de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se ubicarán en lugares de fácil acceso, a dos metros del borde de la excavación o camino.

2.2.2.2.4 Normas de prevención para las tomas de energía

Las tomas de corriente de los cuadros se efectuarán de los cuadros de distribución, mediante clavijas normalizadas blindadas (protegidas contra contactos directos)

Cada toma de corriente suministrará energía eléctrica a un sólo aparato, máquina o máquina-herramienta.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar contactos eléctricos directos.

2.2.2.2.5 Normas de prevención para la protección de los circuitos

Toda la maquinaria eléctrica estará protegida con un disyuntor diferencial.

Todas las líneas estarán protegidas por un disyuntor diferencial.

Los disyuntores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

- 300 mA (Según R.E.B.T.) - Alimentación a la maquinaria.
- 30 mA (Según R.E.B.T.) - Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
- 30 mA Para instalaciones eléctricas de alumbrado no portátil.

2.2.2.2.6 Normas prevención para las tomas de tierra

El transformador de la obra será dotado de una toma de tierra ajustada a los Reglamentos vigentes y a las normas propias de la compañía eléctrica suministradora en la zona.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. No se utilizarán para otros usos.

La toma de tierra de las máquinas herramientas que no estén dotadas de doble aislamiento, se efectuará mediante hilo neutro en combinación con el cuadro de distribución correspondiente y el cuadro general de obra.

Las tomas de tierra de cuadros eléctricos generales distintos, serán independientes eléctricamente.

2.2.2.2.7 Normas de seguridad de aplicación durante el mantenimiento y reparaciones de la instalación eléctrica provisional de la obra

Toda la maquinaria eléctrica se revisará periódicamente, y en especial, en el momento en el que se detecte un fallo, momento en el que se la declarará fuera de servicio mediante desconexión eléctrica.

No se realizarán revisiones o reparaciones bajo corriente. Antes de iniciar una reparación se desconectará la máquina de la red eléctrica, instalando en el lugar de conexión un letrero visible en el que se lea: "NO CONECTAR, HOMBRES TRABAJANDO EN LA RED".

Los andamios sobre borriquetas, cuya plataforma de trabajo esté ubicada a dos o más metros de altura, se arriostrarán entre sí, mediante cruces de San Andrés, para evitar los movimientos oscilatorios.

Las plataformas de trabajo que estén ubicadas a dos o más metros de altura, poseerán barandillas perimetrales completas de 90 cm de altura, formadas por pasamanos, barra o listón intermedio y rodapiés.

2.2.2.3 Medios auxiliares

2.2.2.3.1 Andamios

Andamios en general.

Los andamios siempre se asegurarán para evitar los movimientos indeseables que pueden hacer perder el equilibrio a los trabajadores.

Antes de subirse a una plataforma andamiada deberá revisarse toda su estructura para evitar las situaciones inestables.

Los tramos verticales (módulos o pies derechos), de los andamios se apoyarán sobre tablones de reparto de cargas.

Las plataformas de trabajo, ubicadas a más de 2,00 m de altura, poseerán barandillas perimetrales completas de 90 cm de altura, formadas por pasamanos, barra o listón intermedio o rodapiés, o bien una red de seguridad tensa que cubra los 90 cm que deberá cubrir la barandilla.

La distancia de separación de un andamio y el paramento vertical de trabajo no será superior a 30 cm en prevención de caídas.

Los andamios serán capaces de soportar hasta cuatro veces la carga máxima prevista.

Se establecerán a lo largo y ancho de los paramentos verticales "puntos fuertes" de seguridad en los que arriostrar los andamios.

Andamios sobre borriquetas

Las borriquetas siempre se montarán perfectamente niveladas.

Las plataformas de trabajo se anclarán perfectamente a las borriquetas, en evitación de balanceos.

Las plataformas de trabajo no sobresaldrán más de 40 cm para evitar el riesgo de vuelcos.

Las borriquetas no estarán separadas a ejes entre sí más de 2,5 m para evitar las grandes flechas.

Las plataformas de trabajo sobre borriquetas tendrán una anchura mínima de 60 cm (3 tablones trabados entre sí), y el grosor del tablón será como mínimo de 7 cm.

Los andamios se formarán sobre un mínimo de dos borriquetas. No se sustituirán por bidones, pilas de materiales y similares.

Las borriquetas metálicas de sistema de apertura de cierre o tijera, estarán dotadas de cadenillas limitadoras de la apertura máxima, para garantizar su estabilidad.

Sobre los andamios de borriquetas sólo se mantendrá el material estrictamente necesario y repartido uniformemente por la plataforma de trabajo.

2.2.2.3.2 Escalera de mano

No se utilizarán escaleras de mano para salvar alturas superiores a 5 m.

Las escaleras de mano estarán dotadas en su extremo inferior de zapatas antideslizantes de Seguridad.

Las escaleras de mano a utilizar estarán firmemente amarradas en su extremo superior al objeto o estructura al que den acceso.

Las escaleras de mano sobrepasarán en 0,90 m la altura a salvar. Esta cota se medirá en vertical desde el plano de desembarco, al extremo superior del larguero.

No se transportarán pesos a mano (o a hombro), iguales o superiores a 25 kg, sobre las escaleras de mano.

2.2.2.3.3 Puntales

Las hileras de puntales se dispondrán sobre durmientes de madera (tablones), nivelados y aplomados en la dirección exacta en la que deban trabajar.

El reparto de la carga sobre las superficies apuntaladas se realizará uniformemente repartido.

2.2.2.3.4 Pasillo de seguridad

Podrán realizarse a base de tablones firmemente sujetos al terreno y cubierta cuajada de tablones. Estos elementos también podrán ser metálicos (los pórticos a base de tubo de perfiles y la cubierta de chapa).

Serán capaces de soportar el impacto de los objetos que se prevea puedan caer, pudiendo colocar elementos amortiguadores sobre la cubierta (sacos, capa de arena, etc.).

2.2.2.4 Maquinaria

2.2.2.4.1 Maquinaria para el movimiento de tierras

No se permanecerá o trabajará dentro del radio de acción de la maquinaria para el movimiento de tierras para evitar riesgos de atropello.

Si se produjese un contacto con líneas eléctricas con tren de rodadura de neumáticos, el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará ayuda. Antes de realizar ninguna acción se inspeccionará el tren de neumáticos con el fin de detectar la posibilidad de puente eléctrico con el terreno; de ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar a la vez la máquina y el terreno.

No se transportará personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar riesgos de caídas y atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los taludes a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras.

Estos topes se podrán realizar con un par de tablones embridados, fijados al terreno por medio de redondos hincados al mismo, o de otra forma eficaz.

2.2.2.4.2 Grúa

Los cables de sustentación de cargas que presenten un 10% de hilos rotos, serán sustituidos de inmediato.

Los ganchos de acero serán normalizados, con rótulo de carga máxima admisible, y dotados de pestillo de seguridad.

No se suspenderá o transportará a personas mediante el gancho de la grúa torre.

En presencia de tormenta, con riesgo de descarga eléctrica, se paralizarán los trabajos con la grúa torre, dejándola fuera de servicio, hasta pasado el riesgo.

Al finalizar la jornada, se izará el gancho libre de cargas a tope junto al mástil, se dejará la pluma en posición de veleta, se pondrán los mandos a cero y se abrirán los seccionadores del mando eléctrico de la máquina (desconectar la energía eléctrica), desconectando previamente el suministro eléctrico de la grúa en el cuadro general de la obra.

Se paralizarán los trabajos con la grúa torre, por criterios de seguridad, cuando las labores deban realizarse bajo régimen de vientos iguales o superiores a 60 km/h.

2.2.2.4.3 Camión grúa

Antes de iniciar las maniobras de carga se instalarán los calzos inmovilizadores en las cuatro ruedas y los gatos estabilizadores.

Las maniobras de carga y descarga serán dirigidas por un especialista en prevención de los riesgos por maniobras incorrectas.

Los ganchos de cuelgue estarán dotados de pestillos de seguridad.

Se prohíbe expresamente sobrepasar la carga máxima admisible fijada por el fabricante del camión en función de la extensión del brazo-grúa.

El gruista tendrá en todo momento a la vista la carga suspendida.

Las cargas en suspensión, para evitar golpes y balanceos, se guiarán mediante cabos de gobierno.

Se prohíbe la permanencia bajo las cargas en suspensión.

El conductor del camión grúa estará en posesión del certificado de capacitación que acredite su pericia.

2.2.2.4.4 Dobladora mecánica de ferralla

Se efectuará un barrido periódico del entorno de la dobladora de ferralla en prevención de daños por pisadas sobre objetos cortantes o punzantes.

Serán revisadas semanalmente observándose especialmente la buena respuesta de los mandos.

Tendrán conectada a tierra todas sus partes metálicas en prevención del riesgo eléctrico.

La manguera de alimentación eléctrica de la dobladora se llevará hasta esta de forma enterrada para evitar los deterioros por roce y aplastamiento durante el manejo de la ferralla.

Se instalará en torno a la dobladora mecánica de ferralla un entablado de tabla de

5 cm, sobre una capa de gravilla, con una anchura de tres metros en su entorno.

2.2.2.4.5 Extendedora de productos bituminosos

No se permite la permanencia sobre la extendedora en marcha a otra persona que no sea su conductor, para evitar accidentes por caída.

Las maniobras de aproximación y vertido de productos asfálticos en la tolva estarán dirigidos por un especialista, en previsión de riesgos por impericia.

Todos los operarios de auxilio quedarán en posición en la cuneta por delante de la máquina durante las operaciones de llenado de la tolva, en previsión de riesgos por atrapamientos y atropello durante las maniobras.

Los bordes laterales de la extendedora, en prevención de atrapamientos, estarán señalizados a bandas amarillas y negras alternativas.

Se prohíbe expresamente, el acceso de operarios a la regla vibrante durante las operaciones de extendido, en prevención de accidentes.

2.2.2.4.6 Rodillo vibrante autopropulsado

Los conductores de los rodillos vibrantes serán operarios de probada destreza en el manejo de estas máquinas, en prevención de los riesgos por impericia.

La compactadora a utilizar en esta obra estará dotada de cabina antivuelco y antiimpacto.

Las compactadora a utilizar en esta obra, estará dotada de un botiquín de primeros auxilios, ubicado de forma resguardada para conservarlo limpio.

Se prohíbe expresamente el abandono del rodillo vibrante con el motor en marcha.

Se prohíbe el transporte de personas ajenas a la conducción sobre el rodillo vibrante.

Se prohíbe la permanencia de operarios en el tajo de rodillos vibrantes, en prevención de atropellos.

2.2.2.5 Protección contra incendios

Se utilizarán extintores de polvo polivalente, revisándose periódicamente.

2.2.2.6 Riegos

Las pistas para tráfico de obra se regarán convenientemente para evitar producción de polvo.

2.3 SERVICIOS DE PREVENCIÓN

2.3.1 SERVICIO TÉCNICO DE SEGURIDAD Y SALUD

La obra contará con asesoramiento técnico en prevención de riesgos profesionales a través del Servicio Central de Seguridad y Salud del Contratista adjudicatario de las obras.

2.3.2 SERVICIO MÉDICO

La empresa constructora dispondrá de un Servicio Médico de Empresa propio o mancomunado.

La obra contará con asesoramiento técnico en prevención de riesgos profesionales a través del Servicio Central de Seguridad e Higiene del Contratista adjudicatario de las obras.

2.4 OBLIGACIONES DEL COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

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:

Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.

Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.

Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la 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 tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.

Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista, y en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo. Conforme a lo dispuesto en el último párrafo del apartado 2, del artículo 7, la dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Coordinar las acciones y funciones de control de 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 esta función cuando no fuera necesaria la designación del coordinador.

2.5 OBLIGACIONES DE LOS CONTRATISTAS Y LAS SUBCONTRATAS

Los contratistas y subcontratistas estarán obligados a:

- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.
- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7.
- Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de 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 1627/1997, durante la ejecución de la Obra.
- Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de Seguridad y de Salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la dirección facultativa.
- Los Contratistas y los Subcontratistas serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de Seguridad y Salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.
- Además, los Contratistas y los Subcontratistas responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan,

en los términos del apartado 2 del artículo 42 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

- Las responsabilidades de los coordinadores, de la dirección facultativa y del promotor, no eximirán de sus responsabilidades a los Contratistas y a los Subcontratistas

2.6 OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS

Los trabajadores autónomos estarán obligados a:

- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del presente Real Decreto.
- Cumplir las disposiciones mínimas, de Seguridad y Salud establecidas en el anexo IV del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, durante la ejecución de la Obra.
- Cumplir las obligaciones en materia de prevención de riesgos que establece para los trabajadores el artículo 29, apartados 1 y 2, de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ajustar su actuación en la Obra conforme a los deberes de coordinación de actividades empresariales establecidos en el artículo 242 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
- Utilizar los equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la Obra o, en su caso, de la dirección facultativa.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de Seguridad y Salud.

2.7 INSTALACIONES MÉDICAS

Se habilitará un local para botiquín, debidamente dotado, de acuerdo con las necesidades de la obra.

El botiquín mantendrá permanentemente la dotación precisa reponiéndose a éste fin de forma continuada los medios consumidos.

2.8 INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR

Las instalaciones provisionales de obra se adaptarán en lo relativo a elementos, dimensiones y características a lo especificado en los Artículos 15 y 16 del REAL

DECRETO 1627/1997, de 24 de Octubre de Seguridad y Salud y 335, 336 y 337 de la Ordenanza Laboral de la Construcción, Vidrio y Cerámica.

2.9 PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

- Sin perjuicio de lo previsto en los apartados 2 y 3 del artículo 21 y en el artículo 44 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, cuando el
- Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra o cualquier otra persona integrada en la dirección facultativa observase incumplimiento de las medidas de Seguridad y Salud, advertirá al Contratista de ello, dejando constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, cuando esto exista, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 1 del artículo 13 y quedar facultado para, en circunstancia de riesgo grave e inminente para la seguridad y la salud de los trabajadores disponer la paralización de los tajos o, en su caso, la totalidad de la obra.
- En el supuesto previsto en el apartado anterior, la persona que hubiera ordenado la paralización deberá dar cuenta a los efectos oportunos a la
- Inspección de Trabajo y Seguridad Social correspondiente, a los Contratistas afectados por la paralización, así como a los representantes de los trabajadores de éstos.
- Asimismo, lo dispuesto en este artículo se entiende sin perjuicio de la normativa sobre contratos de Administraciones públicas relativa al cumplimiento de plazos y suspensión de obras.

ANEXO N°3
EXPLOTACIÓN Y
MANTENIMIENTO

ÍNDICE ANEXO N° 3

1. EXPLOTACIÓN Y MANTEMIMIENTO	5
1.1 INTRODUCCIÓN.....	5
1.2 FORMAS DE LLEVAR A CABO EL SERVICIO	5
1.2.1 RELACIÓN DEL PERSONAL TÉCNICO-ADMINISTRATIVO Y DE OPERARIOS CON SUS CATEGORÍAS Y ESPECIALIDADES.....	5
1.2.2 ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL Y FUNCIONES A REALIZAR	5
1.3 MÉTODOS TÉCNICOS Y MATERIALES PARA LA EJECUCIÓN DEL CONTRATO.....	6

1. EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

1.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anexo es la definición de las operaciones de explotación, conservación y mantenimiento del Tratamiento secundario de la EDAR.

1.2 FORMAS DE LLEVAR A CABO EL SERVICIO

La explotación de un Tratamiento Secundario conlleva una serie de actividades que se pueden concretar en dos (de carácter genérico): Operación y Mantenimiento.

De manera básica, para llevar a cabo de forma óptima estas actividades, se han de conjugar medios de personal (ya existente en la EDAR) y material. Se hablara aquí de los medios humanos y su organización.

El personal operador de planta tendrá como misión:

- Resolución de averías tanto eléctricas como mecánicas.
- Control del proceso.
- Control y seguimiento del tratamiento secundario.
- Trabajo de mantenimiento.
- Realizar las revisiones y operaciones necesarias para una buena explotación del Tratamiento Secundario.
- Trabajo de conservación.
- Vigilancia general de la instalación.

1.2.1 RELACIÓN DEL PERSONAL TÉCNICO-ADMINISTRATIVO Y DE OPERARIOS CON SUS CATEGORÍAS Y ESPECIALIDADES

En cuanto al personal no será necesaria la incorporación de más empleados ya que con los disponibles se puede seguir realizando la explotación de la planta completa más la explotación del tratamiento secundario instalado.

1.2.2 ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL Y FUNCIONES A REALIZAR

Las funciones a realizar en cuanto a mantenimiento y explotación por el personal serán:

- Sera el responsable de las incidencias del Servicio frente a la Propiedad.
- Supervisara el exacto cumplimiento del libro diario de Servicio.

- Cuidara del estricto cumplimiento de las Normas de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Realizará, de acuerdo a los datos de la explotación de las partes de control de explotación, los partes mensuales e informes, que se remitirán a la propiedad.
- Controlará los caudales y cargas diarias.
- Cuidará del mantenimiento y conservación de la instalación.
- Organizará, planificará y fiscalizará el almacén de repuestos y gestionará el stock de los mismos.
- Realizará las operaciones de mantenimiento eléctrico y mecánico, con la ayuda del personal de planta.
- Adoptará las medidas necesarias para llevar a cabo el mantenimiento preventivo y correctivo.
- Control, vigilancia y limpieza de equipos e instalaciones.
- Inspección del funcionamiento electromecánico.
- Recogida y transporte de muestras y residuos.
- Detección de anomalías.
- Colaboración en los desmontajes especiales de mantenimiento que requieran apoyo extra.
- Complimentara las casillas correspondientes a los partes de control.
- Colaboración en los trabajos de carga y descarga.

1.3 MÉTODOS TÉCNICOS Y MATERIALES PARA LA EJECUCIÓN DEL CONTRATO

En la planta se deben mantener una relación de repuestos, herramientas, aparatos y materiales para atender a las reparaciones y necesidades materiales que puedan surgir.

Los medios auxiliares considerados son los siguientes:

- Nivel mínimo de repuestos.
- Dotación de taller.
- Dotación de equipos de seguridad e higiene.

ANEXO N°4
INSTRUMENTACIÓN
Y CONTROL

ÍNDICE ANEXO N°4

1. INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATISMO	5
1.1 INSTRUMENTACIÓN	5
1.1.1 UBICACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN.....	5

1. INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATISMO

1.1 INSTRUMENTACIÓN

1.1.1 UBICACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN.

En base a las exigencias del Pliego, así como a las características del sistema de control, se han seleccionado los equipos de instrumentación básicos que se añaden a continuación.

Conducción salida del tanque de homogeneización entrada arqueta de reparto.

- Se instala una bomba conectada a un caudalímetro, además de una válvula atajadera, para regular el caudal, y una válvula de retención, para evitar el retorno de las aguas residuales.

Conducción salida arqueta de reparto entrada MBR.

- Se instala una válvula atajadera para regular el caudal que va a cada línea de tratamiento y para que en caso de avería de alguna de las líneas se pueda cortar la circulación y dirigirla hacia la línea que está funcionando.

Conducción de recirculación interna.

- Se instala una bomba conectada a un caudalímetro, además de una válvula atajadera, para regular el caudal, y una válvula de retención.

Conducción recirculación externa.

- Se instala una bomba conectada a un caudalímetro, además de una válvula atajadera, para regular el caudal, y una válvula de retención para evitar el que el agua retorne.
- Dentro del biorreactor se colocan sensores de nivel, que enviarán señales de que reactor está vacío o lleno a las válvulas de regulación para que se abran o cierren, y sensores de temperatura, para controlar que el reactor opere a la temperatura adecuada para el crecimiento microbiano.

Conducción de permeado.

- Bomba reversible conectada a un caudalímetro, además de una válvula atajadera y retención.
- Sensores de presión, para controlar la presión en la zona de las membranas, ya que de ello depende que las membranas operen satisfactoriamente.

- Dentro del tanque de membranas se colocaran sensores de pH, ya que en cada ciclo de limpieza se necesita que el agua residual tenga un pH óptimo para el buen funcionamiento de las membranas y alargar su vida útil.
- Sensores de nivel, para controlar la cantidad de líquido que hay en el tanque de membranas.

Conducciones de dosificación de reactivos de limpieza.

- Bombas dosificadoras conectadas a un sensor de pH y temperatura, además de las válvulas tajaderas y retención, que se abrirán únicamente cuando haya un ciclo de limpieza, con reactivos, de las membranas.

Conducción de dosificación del cloruro férrico.

- Bombas dosificadoras junto con válvulas atajaderas para regular la cantidad de cloruro férrico que se dosifica a la conducción de entrada al tratamiento secundario.
- Sensores de nivel en el depósito, para controlar la cantidad de reactivo que hay en el depósito.
- Sensores de pH para mantener un pH óptimo en el depósito, ya que en cada dosificación el pH del reactivo disminuye.

Equipos soplantes.

- Medidores de oxígeno disuelto, para controlar la cantidad de oxígeno entra la zona aerobia del reactor y en la zona de las membranas, ya que de ello depende que las bacterias inmersas en el licor mezcla tengan el suficiente oxígeno para degradar la materia orgánica del agua residual y que las membranas se puedan airear adecuadamente para evitar que se colmaten.
- Se coloca en cada equipo soplante un caudalímetro, para controlar el caudal de aire que entra a la zona aerobia y de las membranas.

ANEXO N°5
GESTIÓN DE
RESIDUOS DE
OBRA

ÍNDICE ANEXO N°5

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN....	5
2.1 CLASES DE RESIDUOS GENERADOS	5
2.1.1 RESIDUOS ASIMILABLES A URBANOS	6
2.1.2 RESIDUOS PELIGROSOS	7
2.1.3 RESIDUOS INERTES.....	8
2.2 CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRAS	9
3. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS.....	9
3.1 GENERALIDADES.....	9
3.2 MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS.....	11
3.2.1 PLAN DE MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS	12
3.3 SOLUCIONES DE GESTIÓN PARA LOS RESIDUOS DEL PROYECTO.....	13
3.3.1 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS ASIMILABLES A URBANOS (RAU)	13
3.3.2 GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS (RP)	13
3.3.3 GESTIÓN DE RESIDUOS INERTES (RI)	14
3.3.4 RESIDUOS DE TIERRA VEGETAL	15
3.3.5 TIERRAS SOBRANTES DE EXCAVACIÓN	16
3.3.6 CENTRAL RECICLADORA EXTERNA	16

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente escrito es atender a lo dispuesto en el RD 105/2008 de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

En dicho RD en su artículo 4 se habla de las Obligaciones del productor de residuos de construcción y demolición, más en concreto de los puntos a incluir en este proyecto, que en este caso se trata de “Diseño y dimensionado de un tratamiento secundario de una EDAR”.

A continuación se desarrollarán los puntos que debe incluir el Estudio de la Gestión de los Residuos de la Obra.

2. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN

2.1 CLASES DE RESIDUOS GENERADOS

Los residuos que se generarán en las obras del tratamiento secundario, de forma genérica, pueden ser clasificados (atendiendo a la Ley 10/1998) en 3 grandes categorías: Residuos Asimilables a Urbanos; Residuos Inertes, y Residuos Peligrosos.

Los Residuos Asimilables a Urbanos (RAU) son aquellos que, aun generándose en la industria o la construcción, se asemejan en composición a los residuos que se producen en el hogar (papel, cartón, plástico, materia orgánica, vidrio, hierro, etc.). Una característica importante de este tipo de residuo es su alto índice de reciclabilidad (valorización material), por lo que su gestión deberá dirigirse siempre en esta dirección.

Los Residuos Inertes (RI) son aquellos de origen pétreo, que se caracterizan por su gran estabilidad química: no experimentan reacciones redox, no son solubles en agua, no son combustibles, etc., y tienen un índice de lixiviabilidad muy bajo, por lo que sus condiciones de vertido o eliminación final son muy diferentes a las aplicables en el caso de los otros dos tipos de residuo.

Los Residuos Peligrosos (RP) son aquellos que por su naturaleza peligrosa (inflamables, combustibles, tóxicos, nocivos, corrosivos, queratogénicos, etc.) requieren de un tratamiento o gestión específicos. Son fácilmente identificables ya que los contenedores, envases o embalajes de los mismos vienen identificados con pictogramas de riesgo.

En el presente Estudio de Gestión de Residuos se van a determinar las medidas encaminadas a la minimización, separación, valorización y eliminación en su caso de los residuos producidos durante la ejecución de las obras, ya que los RAU y RP son difícilmente cuantificables a priori, los trataremos separadamente de los residuos inertes (que han sido cuantificados en el punto 2.2 de presente Estudio de Gestión), por lo que a continuación se muestra en la tabla adjunta la tipología de los RAU y RP que nos podremos encontrar durante la ejecución de las obras.

2.1.1 RESIDUOS ASIMILABLES A URBANOS

Los residuos asimilables a urbanos susceptibles de ser producidos durante la ejecución de las obras objeto del presente estudio se representan en la siguiente tabla GR.1:

Tabla GR. 1: Residuos asimilables urbanos.

Residuos asimilables a urbanos (RAU)	Código LER
Residuos de oficinas e instalaciones de obras (papel, cartón...)	20 01 01
Basura general (comedor)	20 01 08
Residuos metálicos: envases metálicos no peligrosos, despuntes de ferralla, electrodos de soldaduras, chapas, cables de cobre, Restos de tuberías, varillas, restos de acero corrugado...	20 01 40 17 04 01 17 04 02 17 04 05 17 04 05
Madera: embalajes, palets deteriorados, restos de encofrados, Puntas de marcación...	17 02 01 20 01 38
Plásticos: Restos PVC, poliestireno expandido de embalajes, Poliuretano, neopreno, restos de balizamiento, PP, PEAD.	17 02 03
Caucho natural y sintético: neumáticos, juntas de goma...	16 01 03
Vidrio (aunque de origen pétreo): envases...	17 02 02 20 01 02

Todos estos residuos generados en la obra, serán recogidos con periodicidad diaria de los puntos de generación en los tajos, para su traslado a las zonas de almacenamiento acondicionadas específicamente para ello, atendiendo a criterios de seguridad e higiene. De este modo se evitará mezclas, vertidos, diluciones, extravíos y otro tipo de incidentes.

Una vez separados, clasificados y cuantificados los residuos procederemos a su gestión, sin olvidar en ningún momento las alternativas de reutilización y reciclado como vías para alcanzar el objetivo final de la minimización.

2.1.2 RESIDUOS PELIGROSOS

Los residuos peligrosos susceptibles de ser producidos durante la ejecución de las obras objeto del presente estudio se exponen en la siguiente tabla GR.2:

Tabla GR. 2: Residuos peligrosos.

Residuos peligrosos (RP)	Código LER
Aerosoles: sprays de marcación topográfica, sprays de limpieza...	16 05 04*
RP con metales: pilas botón de calculadoras, baterías níquel-cadmio de móviles, baterías de plomo H ₂ SO ₄ de automoción, tubos fluorescentes, tubos de mercurio, electrodos de soldadura con un contenido > 3% (w.w)...	16 06 01* 16 06 02* 16 06 03* 20 01 21*
Restos de aditivos de hormigón: impermeabilizantes, acelerantes, retardantes, fluidificantes, plastificantes...	17 09 03*
Restos de: desencofrante, pintura, disolvente, barnices, líquido de curado, grasas, aceites lubricantes, amulsiones, anticongelantes, detergentes, masilla de sellado, resinas epoxy...	17 09 03*
Tierra contaminada con alguna sustancia peligrosa (aceites, hidrocarburos...)	17 05 03*
Envases metálicos o plásticos que hayan contenido alguna sustancia peligrosa, al igual que los depósitos.	17 04 09* 17 02 04*
Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla // Alquitrán de hulla y productos alquitranados	17 03 01* 17 03 03*

Todos estos residuos generados en la obra, serán recogidos con periodicidad diaria de los puntos de generación en los tajos, para su traslado a las zonas de almacenamiento acondicionadas específicamente para ello, atendiendo a criterios de seguridad e higiene. De este modo se evitan mezclas, vertidos, diluciones, extravíos y otro tipo de incidentes.

Una vez separados, clasificados y cuantificados los residuos procederemos a su gestión, sin olvidar en ningún momento las alternativas de reutilización y reciclado como vías para alcanzar el objetivo final de la minimización.

2.1.3 RESIDUOS INERTES

Encontraremos los siguientes residuos inertes producidos durante la ejecución de las obras expuestas en la siguiente tabla GR.3:

Tabla GR. 3: Residuos inertes.

Residuos inertes (RI)	Código LER
Escombros	17 01 07
	17 09 04
Restos de elementos demolidos, defectuosos o sobrantes, (tuberías de saneamiento de hormigón o de HA, aceras, calzadas...)	17 01 07
	17 09 04
Tierras sobrantes (siempre que no se reutilicen)	17 05 04
Restos de hormigón, cemento y mortero (fraguado)	17 01 01
Restos de piedra natural	17 05 04
Sobrantes de áridos (arena, grava, gravilla...)	17 05 04
Fangos arcillosos	17 05 06
Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01	17 03 02

En cuanto a la cantidad de residuos identificados en el presente estudio, se describe en el punto 3 las diferentes operativas encaminadas tanto a la minimización de la producción como a la optimización en la gestión de los mismos siempre con un objetivo final de reutilización. Como última opción se destinarán los residuos a su eliminación en vertedero controlado.

2.2 CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRAS

En lo que al objeto del presente documento implica la construcción del edificio de pretratamiento en una parcela arbitraria, durante la ejecución serán los siguientes:

- Tierra vegetal: se trata del material retirado en el despeje y desbroce de la parcela existente.
- Material procedente de la excavación: para la construcción de cada uno de los elementos que componen el edificio se excavarán a diferentes cotas.

Al no tener un emplazamiento fijo, no se puede determinar el tipo de tierras.

3. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS

3.1 GENERALIDADES

Si se reducen los residuos que habitualmente genera la construcción, se disminuirán los gastos de gestión, será necesario comprar menos materias primas y el balance medioambiental global será beneficioso.

A modo de ejemplo, en la Unión Europea, según datos de finales de los años 90, la construcción y la demolición producen del orden de una tonelada de residuos por habitante y año. El problema de qué hacer con estos residuos cada día es más apremiante: no es aceptable, por consiguiente, despreocuparnos de ellos porque son recogidos y depositados en un vertedero público. Los vertederos son caros y tienen un impacto ambiental considerable. Existe además una clara tendencia a utilizarlos como método principal (por no decir único) para deshacerse de los residuos.

En consecuencia, el primer paso para mejorar esta situación consiste en reducir la producción de residuos. De esta manera se conseguirán además otras mejoras medioambientales: disminuirá el volumen transportado al vertedero o a la central recicladora y, con ello, también la contaminación y la energía necesarias para ese transporte.

Por otra parte, si los residuos se reutilizan, reduciremos asimismo la cantidad de materias primas necesarias, y por lo tanto no malgastaremos inútilmente recursos naturales y energía, e incluso podremos conseguir mejoras económicas.

De una manera general, las alternativas de acción para la mejora de la gestión ambiental de los residuos son diversas. No obstante para obtener mejoras eficaces, es necesario definir una jerarquía de prioridades, que ordene de modo decreciente el interés de las acciones posibles de la siguiente manera:

- Minimizar en lo posible el uso de materias.
- Reducir residuos.
- Reutilizar materiales.
- Reciclar residuos.
- Recuperar energía de los residuos.
- Enviar la cantidad mínima de residuos al vertedero.

Todos los agentes que intervienen en el proceso deben desarrollar su actividad con estos objetivos y en este orden, concentrando su atención en reducir las materias primas necesarias y los residuos originados. De este modo, al final del proceso, habrá menos materiales sobrantes que llevar al vertedero.

Se deberá conocer la cantidad de residuos que se producirán, sus posibilidades de valorización y el modo de realizar una gestión eficiente, con el fin de planificar las obras de construcción y de demolición.

Se redactará un Plan de Gestión en fase de ejecución, que se estructurará según las etapas y objetivos siguientes:

- En primer lugar, se debe establecer la cantidad y la naturaleza de los residuos que se van a originar en cada etapa de la obra. Este objetivo se puede cumplir tomando en consideración la experiencia del constructor o de la empresa de derribo, si ya ha aplicado alguna vez criterios de clasificación.
- A continuación, hay que informarse acerca de los gestores de residuos que se encuentran en el entorno próximo a la obra, es necesario conocer las características (condiciones de admisión, distancia y tasas) de los vertederos, de los recicladores, de los puntos verdes, de los centros de clasificación, etc. para poder definir un escenario externo de gestión.
- Una vez conocidos los costes de la manipulación de los residuos en obra, de los alquileres de contenedores, del transporte y de las tasas de depósito de los residuos para cada una de las etapas de la obra, se debe determinar –por etapas y en su

conjunto- el coste final de la gestión de los residuos de una obra o un derribo determinados.

3.2 MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS

Se entiende por minimización de residuos a un proceso de adopción de medidas organizativas y operativas que permiten disminuir, hasta niveles económicos y técnicamente factibles, la cantidad y peligrosidad de los subproductos y contaminantes generados (residuos y emisiones al aire y al agua) que precisan un tratamiento o eliminación final. Esto se consigue por medio de la reducción en su origen y, cuando ésta no es posible, a través del reciclaje o la recuperación de materiales secundarios.

La minimización constituye una opción ambientalmente prioritaria para resolver los problemas asociados a los residuos y también una prometedora oportunidad microeconómica, para reducir costos de producción y aumentar la competitividad de las empresas.

La minimización de residuos se incluye dentro de las medidas necesarias para conseguir lo que se denomina Desarrollo Sostenible. Término que apareció por primera vez en 1987 y que fue adoptado plenamente por la Comunidad Europea en 1992 con la publicación del V Programa sobre Medio Ambiente.

Los residuos que se generan en la obra pueden tener diferentes orígenes: la misma puesta en obra, el transporte interno de productos desde la zona de almacenaje hasta el lugar específico donde se tienen que aplicar, unas condiciones de almacenaje inadecuadas, embalajes que sirven para la protección hasta que el contenido es colocado y posteriormente se transforman en residuo, etc.

Durante la ejecución de la obra se adoptarán medidas de almacenaje adecuadas a los diferentes tipos de materiales y se optará por una política de compras esmerada, la ratio de generación de residuos, podrá disminuir entre un 5 y un 10% e incluso alcanzar porcentajes de reducción mucho más elevados si se escogen elementos modulados de acuerdo con las dimensiones de nuestra obra y ponemos en práctica algunas de las medidas que se indican más adelante.

Como primera medida encaminada a la minimización se llevará a cabo un Plan de Minimización de Residuos.

3.2.1 PLAN DE MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS

El plan de minimización de residuos debe contar:

Objetivos claros, que sean consistentes con el resto de los objetivos del anteproyecto, flexibles y cuantificables, así como comprensibles para todos los trabajadores, además de alcanzables con los medios materiales y humanos disponibles.

En la ejecución de las obras se creará un puesto técnico y administrativo responsable de la minimización que esté dotado de autoridad, de recursos, de acceso directo a la dirección y de la posibilidad de familiarizarse con todos los procesos de la obra, así como de liderazgo y capacidad de gestión.

El plan de minimización debe partir también de una auditoria donde se identifiquen las corrientes de residuos, se caractericen y cuantifiquen, y donde se determinen las causas fuentes y procesos al igual que los costos completos de su manejo. La minimización, como es obvio, no puede ser responsabilidad de una sola persona o departamento, sino que debe integrar funcionalmente a todas las áreas operativas.

La minimización es una filosofía y una práctica de calidad ambiental total a través de la optimización de procesos, que trasciende las decisiones tradicionales postproductivas o al final del proceso, que sólo intentan resolver problemas una vez que éstos se han generado.

El plan de Minimización implica organizar los medios humanos y técnicos con el fin de sustituir, en la medida de lo posible, la gestión clásica de residuos y emisiones basada en sistemas de tratamiento y eliminación al final del proceso (fin de línea), por prácticas de reducción en origen y reutilización.

El Reciclaje es una de las alternativas utilizadas en la reducción del volumen de los desperdicios sólidos. Este proceso consiste en volver a utilizar materiales que fueron desechados, y que aún son aptos para elaborar otros productos o prefabricar los mismos.

Ejemplo de materiales reciclables son los metales, el vidrio, el plástico, el papel, el cartón y otros.

3.3 SOLUCIONES DE GESTIÓN PARA LOS RESIDUOS DEL PROYECTO

Se proponen, a continuación, las soluciones de gestión para las 3 categorías de residuos de la construcción identificadas:

3.3.1 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS ASIMILABLES A URBANOS (RAU)

Se enviarán a las instalaciones de tratamiento de residuos asimilables a urbanos más próxima a la obra.

3.3.2 GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS (RP)

Los residuos peligrosos, durante el tiempo de permanencia en obra serán manipulados atendiendo a las Fichas de Seguridad de los productos origen, etiquetados conforme a ley, y almacenados en condiciones adecuadas de seguridad e higiene: suelo impermeable, techado para prevención de afecciones derivadas de radiaciones solares, lluvia, etc., alejados de imbornales o cauces naturales, vallados para establecer un acceso restringido.

Los residuos peligrosos serán retirados diariamente de la zona de obra, donde estarán acopiados en puntos concretos señalizados y conocidos por todos los trabajadores, distribuidos a lo largo de la traza en función de su longitud y del número de tajos abiertos a un mismo tiempo. De estos puntos serán trasladados a la zona de almacenamiento descrita en el párrafo anterior, donde no podrán estar almacenados por un tiempo superior a 6 meses.

La minimización de los RP, dado que no se puede abordar desde la reutilización y reciclado (sin previo tratamiento) la enfocamos desde la reducción en origen, es decir, la prevención de la generación de este tipo de residuos. Para ello desarrollaremos medidas como las que se proponen a continuación:

- Sustitución de productos por otros menos peligrosos o inocuos: aerosoles con plomo y CFCs (clorofluorocarburos) por otros que no contengan; detergentes con sulfatos y nitratos, por otros biodegradables; sustitución de disolventes halogenados por no halogenados (White – spirit, de naturaleza parafínica); pinturas con baso disolvente por otras con base agua, etc.
- Prolongar la vida media de los aceites hidráulicos de la maquinaria mediante analíticas periódicas.
- Provisión de productos en envases de mayor tamaño.

- Compra del producto en envases reutilizables, que sean retirados por el agente comercial para su reutilización.
- Compra exclusivamente del contenido de un producto, no del envase, siendo luego almacenado en obra en grandes depósitos rellenables.
- Procurar al residuo peligroso una gestión de valorización material (tras el tratamiento físico-químico), o de inertización, dejando en último lugar la eliminación en depósitos de seguridad.

Los RP sólo presentan una opción de gestión, su entrega a Gestor Autorizado por la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda de la Comunidad Valenciana.

Se dispondrá de un espacio en la parcela para el acopio de los residuos peligrosos, dada su variabilidad como se describe en el punto 2.1.2. Se almacenarán de manera separada en función de los códigos, usando recipientes separados para las pilas, baterías, spray, etc. Todo el almacenaje de residuos peligrosos hasta su entrega a gestor autorizado se protegerá de la intemperie y las condiciones externas, evitando así la posible lixiviación de los mismos, provocando así el incremento de residuos peligrosos.

3.3.3 GESTIÓN DE RESIDUOS INERTES (RI)

La gestión de los inertes, residuo mayoritario en la construcción, debe seguir como en el caso de los RAU, el principio de minimización que se traduce en el fomento de su reutilización dentro de la obra.

Esta reutilización, en el caso de los residuos que se van a generar en esta obra, no será factible. Por ello, resultará imprescindible su gestión a través de Vertedero Autorizado de Inertes (Gestores autorizados por la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda de la Comunidad Valenciana).

Otra posibilidad de gestión de estos residuos consiste en su entrega a empresas Transportistas Autorizadas, que se encargarían de su traslado a Vertedero Autorizado de Inertes.

A continuación se describen los posibles procesos de gestión para los tipo de residuos de los que se generan mayores cantidades en la ejecución de las obras objeto del presente estudio, todos los procesos de transporte, valorización, Etc., a realizar a los residuos generados serán efectuados por parte de los gestores autorizados externos al poseedor, en el presupuesto del presente estudio se han tenido en cuenta los costes externos de estos procesos.

Hablaremos de la posible valorización de residuos procedentes de demoliciones de hormigón y de las tierras sobrantes de la obra, así como de la reutilización de los productos procedentes de la demolición de aglomerado asfáltico.

3.3.4 RESIDUOS DE TIERRA VEGETAL

Es un material delicado, pero muy útil. Se debe procurar utilizarla lo antes posible después de haberla extraído.

La tierra superficial es la capa orgánica del suelo, la que sostiene la vegetación.

Es un material delicado, que se debe utilizar de inmediato. Si no fuera posible reutilizarla durante las obras, se deberá almacenar cuidadosamente.

La alternativa más recomendable es utilizar la tierra superficial para la formación del paisaje artificial de la propia obra: en la urbanización de las zonas verdes, como jardines y parques, y en todos los lugares en que se prevé la plantación de vegetación.

Cuando, debido a las características de la obra, no sea posible reutilizarla, conviene contemplar otras posibilidades que la simple opción de enviarla al vertedero como la reutilización en la restauración de suelos contaminados, en rellenos de tierras, en terraplenes y en la reposición de perfiles de canteras abandonadas.

Esta clase de tierra se puede mezclar con otros materiales para ampliar así la gama de productos resultantes y sus aplicaciones potenciales. Una de estas aplicaciones consiste en mejorar su composición con la adición de arena, fertilizantes o cortezas de árbol trituradas.

Como ya hemos expuesto al principio, el almacenamiento cuidadoso de las tierras es imprescindible para conseguir mantener las cualidades del material. En este sentido se deberán observar las siguientes recomendaciones:

- Almacenar las tierras superficiales de manera que no exista peligro de contaminación con otros residuos.
- Evitar los daños que puede ocasionar el tráfico de los vehículos: no se debe permitir circular sobre las tierras porque se daña su estructura.
- Delimitar un lugar exclusivo para el almacenamiento de las tierras, formando pilas de una altura inferior a dos metros (si son más altas, la presión sobre las mismas también daña su estructura).

- La tierra se debe mantener tan seca como sea posible, y la forma más fácil de conseguirlo es utilizándola lo antes posible.
- La tierra, una vez almacenada, sólo debe ser movida para reutilizarla, porque los movimientos causan su deterioro.

3.3.5 TIERRAS SOBRANTES DE EXCAVACIÓN

Es imprescindible que se planifiquen los movimientos de tierras necesarios para así de reducir los sobrantes, estableciendo cómo manipular el terreno para que se produzca la menor cantidad de tierras sobrantes.

Antes de decidir el traslado al vertedero, hay que prever la forma más sencilla posible para el movimiento de volúmenes de tierra.

Por lo demás, hay que tener en cuenta que el transporte de las tierras al vertedero supone un coste económico apreciable, de modo que si se evita ese transporte, podemos llegar a reducir el coste total de la partida referida al movimiento de tierras (cuando el vertedero no está próximo a la obra, el transporte de un metro cúbico de tierras llega a ser tan caro como su extracción).

En definitiva, se trata de minimizar el volumen de los sobrantes de la excavación que han de ser desplazados fuera de la obra, porque el transporte innecesario malgasta energía, genera polución y cuesta dinero.

Por último, es igualmente importante asegurarse que las tierras no han sido contaminadas por usos anteriores o por las actividades desarrolladas sobre ellas (es el caso, por ejemplo, de la contaminación por contacto con residuos tóxicos producidos en la fabricación de productos diversos, o de la de edificios con usos especiales, como los hospitales). En ningún caso se debe intentar reutilizar ningún material que pueda estar contaminado si previamente no se limpia y un equipo experto no aplica técnicas específicas de reutilización.

3.3.6 CENTRAL RECICLADORA EXTERNA

Una vez acopiados en la obra, se entregarán a gestor autorizado para su reciclado y valorización y en su caso eliminación en vertedero autorizado.

Se dispondrá un espacio para acopio de material sobrante y material procedente de la demolición y escombros, que se muestra en los planos anexos al presente estudio.

A continuación se describe un proceso de gestión y tratamiento de este tipo de residuos por parte de gestor autorizado.

Se transportarán los residuos a una Planta de Tratamiento, de manera esquemática, el proceso a seguir en la Planta de Tratamiento es el siguiente:

- Recepción del material bruto.
- Separación de posibles Residuos Orgánicos y Tóxicos y Peligrosos (y envío a vertedero o gestores autorizados, respectivamente).
- Almacenamiento y reutilización de tierras de excavación aptas para su uso.
- Separación de maderas, plásticos cartones y férricos (reciclado).
- Tratamiento del material apto para el reciclado y su clasificación.
- Reutilización del material reciclado (áridos y restauraciones paisajísticas).
- Eliminación de los inertes tratados no aptos para el reciclado y sobrantes del reciclado no utilizado.

Las operaciones o procesos que se realizan en el conjunto de la unidad vienen agrupados en los siguientes:

- Proceso de recepción del material: A su llegada al acceso principal de la planta los vehículos que realizan el transporte de material a la planta así como los que salen de la misma con subproductos, son sometidos a pesaje y control en la zona de recepción. Para ello, se ha instalará una báscula para camiones.
- Proceso de triaje y de clasificación: En una primera fase, se procede a inspeccionar visualmente el material. El mismo es enviado a la plaza de almacenamiento, en el caso de que sea material que no haya que tratar (caso de tierras de excavación). En los demás casos se procede al vaciado en la plataforma de recepción o descarga, para su tratamiento.

En la plataforma de descarga se realiza una primera selección de los materiales más voluminosos y pesados. Asimismo, mediante una cizalla, los materiales más voluminosos, son troceados, a la vez que se separan las posibles incrustaciones férricas o de otro tipo.

Asimismo, son separados los residuos de carácter orgánico y los considerados tóxicos y peligrosos, siendo incorporados a los circuitos de gestión específicos para tales tipos de residuos.

Tras esta primera selección, el material se incorpora a la línea de triaje, en la cual se lleva a cabo una doble separación. Una primera separación mecánica, mediante un tromel, en el cual se separan fracciones pétreas de distinta granulometría.

El material no clasificado se incorpora en la línea de triaje manual. Los elementos no separados en esta línea constituyen el material de rechazo, el cual se incorpora a vertedero controlado. Dicho vertedero cumple con las prescripciones contenidas en el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

Todos los materiales (subproductos) seleccionados en el proceso anterior son recogidos en contenedores y almacenados en las zonas de clasificación (trojes y contenedores) para su posterior reciclado y/o reutilización.

- Proceso de reciclaje: Los materiales aptos para ser reciclados, tales como: férricos, maderas, plásticos, cartones etc., son reintroducidos en el ciclo comercial correspondiente, a través de empresas especializadas en cada caso.

En el caso de residuos orgánicos y basuras domésticas, éstos son enviadas a las instalaciones de tratamiento de RSU más próximas a la Planta.

Los residuos tóxicos y peligrosos son retirados por gestores autorizados.

- Proceso de almacenamiento: En la planta se han previsto zonas de almacenamiento (contenedores) para los diferentes materiales (subproductos), con el fin de que cuando haya la cantidad suficiente, proceder a la retirada y reciclaje de los mismos.

Existen zonas de acopio para las tierras de excavación que sean aptas para su reutilización como tierras vegetales. Asimismo, existen zonas de acopio de material reciclado apto para su uso como áridos, o material de relleno en restauraciones o construcción.

- Proceso de eliminación: El material tratado no apto para su reutilización o reciclaje se deposita en el área de eliminación, que está ubicada en las inmediaciones de la planta. Procesos de separación, reutilización, valorización y eliminación de los residuos en obra.

ANEXO N°6
ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS

ÍNDICE ANEXO N°6

1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	5
1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS ELECTROMECAÓNICOS	5
1.1.1 ACABADO DE EQUIPOS	5
1.2 TUBERÍAS DE PVC ORIENTADO.....	6
1.3 VÁLVULA DE COMPUERTA	7
1.4 CAUDALÍMETROS	8
1.5 SENSORES DE pH.....	8
1.6 SENSORES DE NIVEL	9
1.7 SENSORES DE PRESIÓN	9
1.9 SENSOR OXÍGENO DISUELTO	9
1.10 AGITADORES SUMERGIDOS	10
1.11 BOMBAS PARA LAS INSTALACIONES.....	10
1.12 GRUPOS SOPLANTES	11
1.13 DIFUSORES.....	12
1.14 MEMBRANAS.....	12
1.15 DEPÓSITOS.....	13
2. CATÁLOGOS Y TABLAS	14

1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS

1.1.1 ACABADO DE EQUIPOS

Todos los elementos de la instalación llevarán los siguientes tratamientos:

Tubería de plástico: No llevarán ningún tipo de pintura y su color será el normal de cada fabricante.

Hormigón armado: No llevarán ningún tipo de pintura y su color será el normal de cada fabricante.

Motores eléctricos:

- Carcasa y ventilador con pintura anticorrosiva según norma del fabricante.
- Partes mecanizadas protegidas con barniz especial antioxidante.
- Cuerpos de acero llevarán el mismo tipo de tratamiento que la tubería de acero.
- Cuerpos de plástico llevará el mismo tipo de tratamiento que la tubería de plástico.

Válvulas:

- Cuerpos de acero llevarán el mismo tipo de tratamiento que las tuberías de acero.
- Cuerpos de plástico llevarán el mismo tipo de tratamiento que las tuberías de plástico.

Estructuras y elementos metálicos en general:

El grado de preparación exigido a todas las superficies metálicas será el correspondiente al chorreado de arena según el grado SA 2 $\frac{1}{2}$ de la SVENSK STANDARD SIS 055900, procediéndose posteriormente a la limpieza de las superficies mediante aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o cepillo limpio.

La protección a aplicar a las diferentes superficies metálicas será la siguiente:

- **Partes sumergidas:**
 - Chorreo 2 $\frac{1}{2}$ SIS.
 - Galvanizado en caliente, por inmersión, previo tratamiento químico, según Norma UNE 37501.
 - 1 mano de 25 micras de zinc-epoxi (imprimación).
 - 1 mano de 40 micras epoxi-Fe-micáceo (sellado).

- 2 manos de 125 micras, cada una, alquitán epoxi.
- **Partes emergidas:**
 - Chorreo 21/2 SIS.
 - Galvanizado en caliente, por inmersión, previo tratamiento químico, según Norma UNE 37501.
 - 1 mano de 25 micras de zinc-epoxi.
 - 1 mano de 40 micras epoxi-Fe-micáceo.
 - 2 manos de 75 micras, cada una, epoxi esmalte.
- **Partes sin contacto con el agua:**
 - Igual que en los casos sumergidos.

Maquinaria en general

- Tratamiento de superficie y pintura de imprimación antioxidante según norma de cada fabricante.
- Partes mecanizadas protegidas con barniz especial antioxidante.

Colores de acabados

Todos los colores de finales serán determinados de común acuerdo entre el Contratista y la Propiedad, según la función a desempeñar por cada elemento de la instalación y ateniéndose a las Normas UNE.

1.2 TUBERÍAS DE PVC ORIENTADO

Las tuberías usadas serán de PVC orientado clase 500 de la marca Molecor.

Presenta las siguientes características:

- Diámetros (mm): 90, 200, 315, 400, 400 y 500
- Calidad: alta densidad (1,370-1,430 kg/m³)
- Medidas y características: Según UNE-EN-ISO 16422
- Métodos de ensayo: Según UNE-EN-ISO 1183-1, UNE-EN-ISO 9969, ISO 6259-2, UNE-EN-ISO 13968, ISO 3127, UNE-EN 12667, UNE 53126, ISO 2507-1 Y UNE-EN 60243-1.
- Presión de trabajo: PN 12,5 atm
- Forma de suministro: palets

En cuanto a los accesorios:

Bridas:

- Calidad: St-37
- Dimensiones: DIN 1626
- Presión nominal: PN-12,5
- Fabricación: s/DIN 2519

Juntas:

- Material: Caucho natural
- Dimensiones: DIN 1626

Tornillos:

- Tipo: Cabezal hexagonal
- Dimensiones: DIN 933
- Suministro: DIN 267
- Protección: cadmio

Tuercas:

- Tipo: cabezal hexagonal
- Dimensiones: DIN 934
- Protección: cadmio

1.3 VÁLVULA DE COMPUERTA

Las válvulas de compuerta utilizadas son de la marca BELGICAST o equivalente.

Presenta las siguientes características:

- Tipo: Cierre elástico.
- Diámetro nominal: DN250
- Cierre: EPDM/NBR
- Accionamiento: Neumático

- Cuerpo: hierro fundido GG-25
- Charnela: fundición nodular GGG-40
- Ejes: acero inoxidable AISI-420
- Anillo: E.P.D.M.

- Volante de accionamiento: fundición gris.
- Tapa: metraquilato
- Junta tórica de accionamiento: nitrilo

1.4 CAUDALÍMETROS

Los caudalímetros serán de desplazamiento positivo de acero inoxidable 316L, aluminio, y UPVC con exactitud del 0.5 % de la medición.

Los caudalímetro son de la marca Endress Hauser modelo Promag 10L3H. Presenta las siguientes características:

- Electromagnético.
- Diámetro nominal: DN 50-500
- Constante de tiempo: 1s
- Caudal máximo: 750m³/h
- Señal de salida: Pasivo – negativo.
- Señal de salida: 4-20mA HART + impulso pasivo
- Alimentación: Display: 85-250VAC
- Conexión a proceso: PN-12,5, St37-2, bridas locas EN-1092-1 (DIN 2501).
- Recubrimiento interior: PTFE
- Electrodo: 1.4435/316L
- Protección: IP67 NEMA4X

1.5 SENSORES DE pH

Los sensores serán de marca Honeywell, modelo DL 421 o similar con las siguientes características:

- Tensión de alimentación continua de 16 a 42 V.
- Corriente de salida variable indicando la señal al sistema de control mediante una variación de la misma entre 4 y 20 mA.
- Capacidad para medir pH y potencial redox.
- Rango de sensor entre 0 y 14 para el pH y entre -1600 mV y + 1600 mV para el potencial redox.
- Temperatura de trabajo entre -10 y 85 °C.
- Pantalla de cristal líquido de 4 dígitos con 7 segmentos cada uno.

- Nivel de seguridad IP 66 o superior.
- Electrodo modelo Meridian II 7777 de inmersión.

1.6 SENSORES DE NIVEL

Los sensores de nivel serán de la marca KOBOLD con las siguientes características generales:

- Longitud de medida: máx. 6000 mm
- Precisión de medida: 0,5% para L = 3000 mm
- Presión: máx. 20 bar
- Temperatura: máx. 130°C
- Conexión: G 3/8" a G 2" brida: DN 50 a DN 100
- Material: acero inoxidable, PVC, PPH, PTFE, PE
- Indicación de nivel constante independiente de la conductividad, presión y temperatura.
- Transmisor
- Contactos de valor límite altamente ajustable.

1.7 SENSORES DE PRESIÓN

Los manómetros consisten en transmisores con sensor mecánico y electrónico de funcionamiento independiente con escala de -1/0 a 0/400 bar.

1.8 SENSORES DE TEMPERATURA

Los termómetros consisten en una sonda termométrica e indicador digital con dos alarmas regulables en toda su escala. Ésta va de -40°C a +300°C y sus dimensiones son 72x 36 DIN y DN- 65mm.

1.9 SENSOR OXÍGENO DISUELTO

Los sensores de oxígeno disuelto usados para el presente diseño, tienen las siguientes características:

- Marca: WTW
- Modelo: Oxi 298
- Rango de medición: 0.0 - 20.0 mg/l

- Medición de temperatura: Sensor NTC o Pt1000 (integrado en el Sensor)
- Compensación de temperatura: Rango: -10 °C ... +130 °C
- Carcasa: Carcasa de aluminio, clase de protección IP 65
- Dimensiones: 160 x 130 x 70 mm (AxHxL)
- Alimentación eléctrica: 100 ... 240 V AC o 18 ... 36 V DC

1.10 AGITADORES SUMERGIDOS

Agitadores sumergidos de la marca AgitMIM del modelo LFR 18.5-350/780 con las características siguientes:

- Rpm: 350
- Dimensiones: Semieje + eje Ø60, Longitud 2400mm
- Hélice: hélice de 2 álabes de gran rendimiento INOX AISI 316L
- Anclaje al depósito: por brida cuadrada de 400x400
- Material: Aisi 316L
- Nivel de acabados: industriales
- Protección: IP55
- Motor: Eléctrico
- Potencia motor: Motorreductor III 4kW
- Tensión: 400/690V
- Frecuencia: 50Hz

1.11 BOMBAS PARA LAS INSTALACIONES.

La instalación se equipará con diferentes tipos de bombas.

- ❖ Se usará para las conducciones de los tramos 1, 2 3, bombas de la marca KSB, de la serie Sewatec de 40 y 50 Hz.

Aplicaciones:

Transporte de aguas residuales, eliminación de aguas residuales, sector de aguas residuales, transporte de aguas superficiales contaminadas, procesamiento de lodos.

Dado que este tipo de bombas son ideales para transportar cualquier tipo de aguas residuales, desde aguas residuales a fangos, lo cual supuso que se utilice un único tipo de modelo.

Las características de estas bombas son:

- Modelo: Sewatec K 300-400 n=580 rpm y D 200-315 n=875 rpm.
- Tipo: Bomba de cuerpo de voluta horizontal o vertical, monobloc con impulsores vortex (F), mono-canal (E), multi-canal (K) y canal diagonal abierto (D), brida de impulsión según DIN y ANSI. Disponible en versión ATEX.
- Caudal: 10-10.000 m³/h
- Altura mínima: 2 m.
- Tipo de fluido: Agua residuales, aguas con fango, etc.
- Instalación: en seco
- Potencia máxima: 710 kW.
- Paso libre: 280 mm
- ❖ Se usará bombas reversibles de la marca Boyser, para extracción de permeado y limpieza de las membranas. Son de la serie LB-M/125.

Presenta las siguientes características:

- Potencia instalada: 7,5 kW-11kW.
- Velocidad de rotación: 150-450 rpm.
- Presión máxima recomendada: 4 bar
- Caudal máximo: 125 m³/h
- Tamaño de conexiones DN125 o DN 100.
- ❖ Se usarán bombas dosificadoras de la marca Grundfos, para dosificar reactivos químicos en la planta.

Tendrán las siguientes características:

- Serie DME y DDC-AR
- Potencia: 67,1 W y 22 W

1.12 GRUPOS SOPLANTES

El grupo de soplantes a utilizar son de la marca KAESER Compresores.

Presentan las siguientes características:

- Modelos: HB950 C y DBS 220 MSTC
- Tipo: soplantes de tornillo.
- Caudales: 4500 y 1026,77 Nm³/h
- Fluido: Aire

- Diámetro nominal soplante: DN 100 y 250.
- Potencia del motor: 37 kW y 200 kW

1.13 DIFUSORES

Las características de los difusores a utilizar son los siguientes:

- Marca: Xylem
- Modelo: Sanitaire
- Tipo: Difusores de burbuja fina
- Caudal: 0,8–7 Nm³/h
- Fluido: Aire
- Eficiencia de transferencia de oxígeno estándar (SOTE): Aprox. 6,5% por m de inmersión.
- Eficiencia de aireación estándar (SAE, Standard aeration efficiency): 2,5–6 kg O₂/kWh.
- Diámetro: 229 mm
- Componentes parillas:
 - Tubo de descenso: Acero inoxidable AISI 304 o 316
 - Colectores Acero: inoxidable, cloruro de polivinilo (PVC) de fórmula especial para evitar la degradación por rayos ultravioleta.
 - Cabezales de distribución: PVC o CPVC para temperaturas altas
 - Soportes y pernos de anclaje: Acero inoxidable AISI 304 o 316
 - Empacaduras: EPDM

Materiales

- Material del disco: EPDM de alto grado, especialmente tratado.

1.14 MEMBRANAS

Las membranas a utilizar son de la marca Suez, y vienen compuestas por módulos y cassettes. Las membranas a utilizar tienen las siguientes características:

Cassette ZeeWeed 500 C:

- Para aplicaciones MBR, se ha elegido 10 módulos de ZeeWeed por cassette.
- Dimensiones:

- Largo: 992 mm
- Ancho: 743 mm
- Altura: 2.085 mm

Módulo:

- Aplicación: MBR, tecnología ultrafiltración fibra hueca inmersa.
- Área superficial de la membrana: 23,2 m²
- Dimensiones:
 - Altura: 1.923 mm
 - Ancho: 720 mm
 - Espesor: 93 mm
- Propiedades:
 - Material: PVDF
 - Tamaño nominal del poro: 0,04 micrones.
 - Propiedades superficiales: no iónica e hidrofílica..
 - Diámetro de la fibra: 1,9 mm OD/ 0,8 mm ID
 - Flujo de paso: fuera-dentro
- Rango de TMP: -55 A 55 kPa.
- Temperatura máxima de operación: 40 °C
- Rango de pH: 5-9,5
- Temperatura máxima de limpieza: 40 °C.

1.15 DEPÓSITOS

Los depósitos a utilizar serán de dos tipos: para almacenar el permeado y para almacenar los reactivos.

Ambos tipos de depósitos serán resistentes a la corrosión:

- El depósito de almacenamiento de permeado tiene una capacidad de 19.000 l. Es de PRVF. Será de la marca AIQSA.
- Los depósitos de dosificación tendrán capacidad de 50 y 250 l. Son de PE tratado. Será de la marca Schoeller Allibert.

Características:

- Densidad máxima de los productos contenidos: 1,9.

- Parte superior reforzada para soportar agitadores y bombas dosificadoras.
- Boca superior provista de tapa roscada estanca Ø 125.
- Los modelos de 500 y 1000 litros están dotados con una boca de registro Ø 250 con tapa roscada provista de venteo Ø 20.
- Colores estándar: blanco translúcido natural (otros, bajo pedido).

Funcionalidad:

Especialmente concebidos para el tratamiento de aguas y para su integración a sistemas de mezclado, dosificación y de incorporación de aditivos.

- Fiabilidad

Fabricación en polietileno lineal, enriquecido con aditivos anti-ultravioletas, calidad alimentaria.

- Fácil utilización

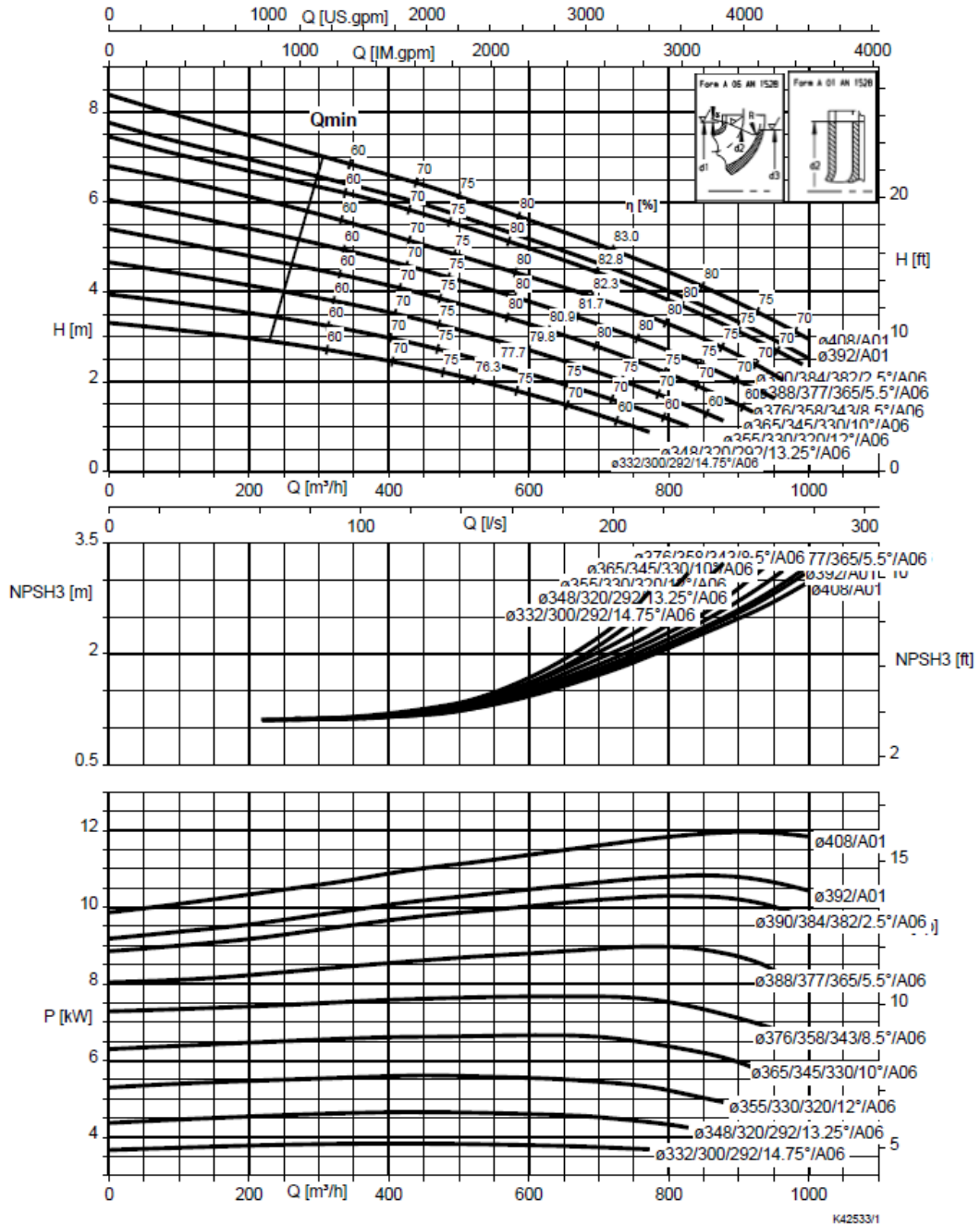
Cuba graduada en la masa para una lectura de nivel inmediata.

2. CATÁLOGOS Y TABLAS

BOMBAS CIRCULADORAS



Sewatec K 300-400, n = 580 rpm



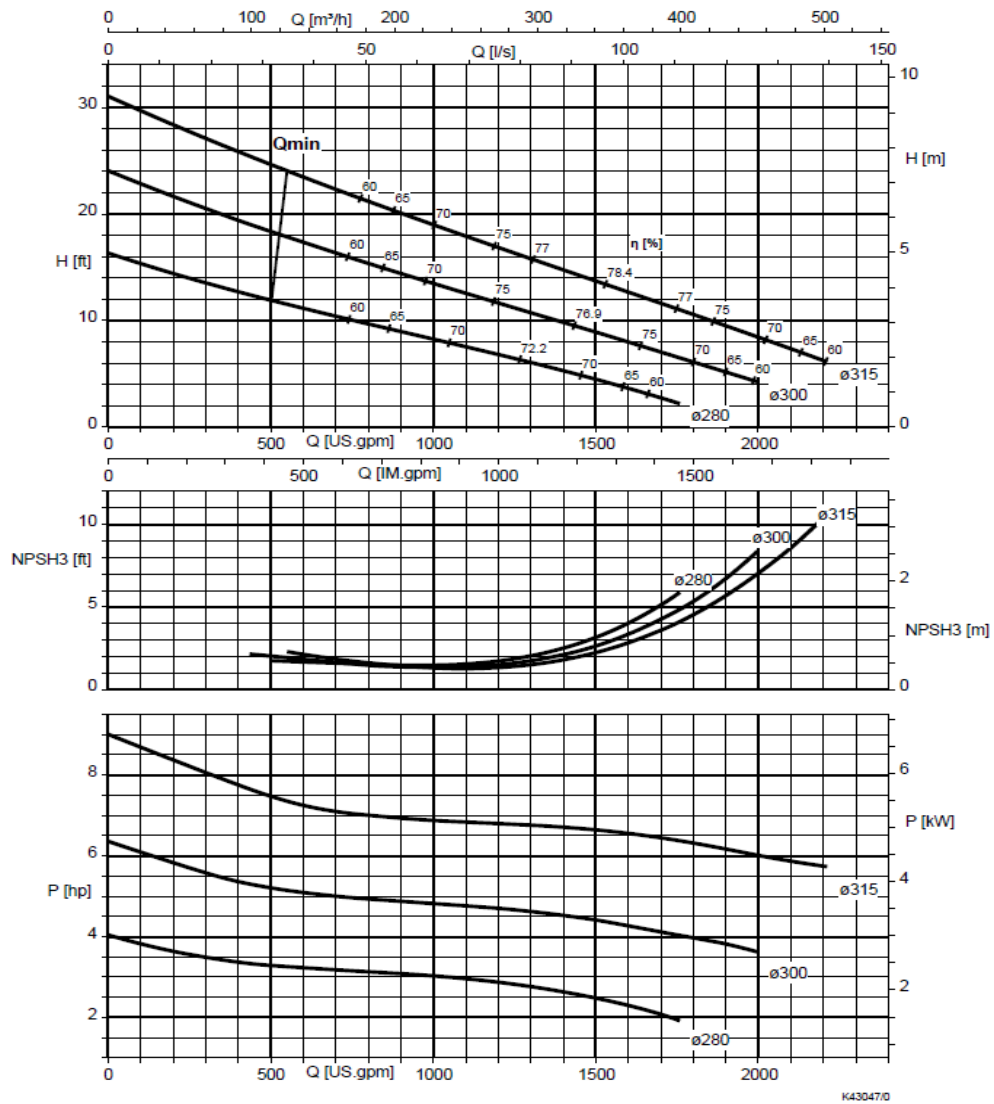
Free passage = 100 mm

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria



Waste Water
Dry-installed Volute Casing Pumps

Sewatec/Sewabloc D 200-315, n = 875 rpm



Free passage = 3 13/16" [100 mm]

BOMBA REVERSIBLE PARA EL PERMEADO

Bombas lobulares boyser LB-M/125

Bombas industriales y equipos para fluidos


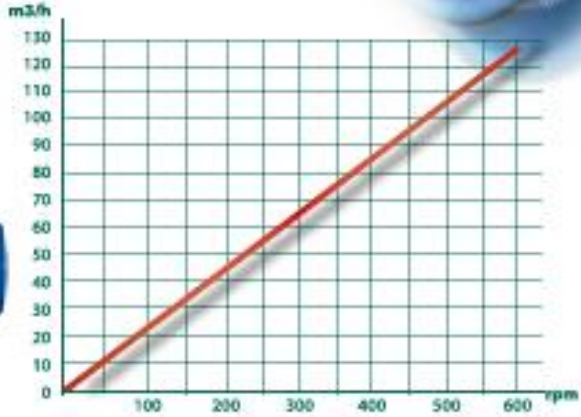


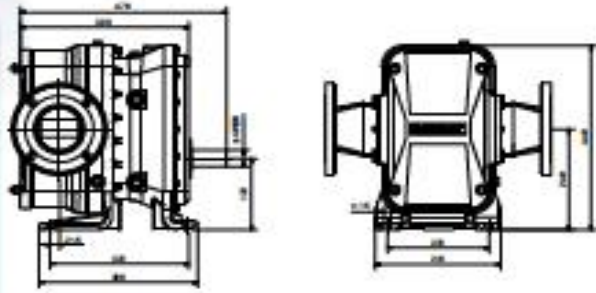
Tabla de rendimiento




Speed (rpm)	Flow Rate (m³/h)
0	0
100	20
200	40
300	60
400	80
500	100
600	125

Datos técnicos LB-M/125

Capacidad	3,49 l/min
Presión de trabajo	<4 bar
Rotores disponibles engomados:	NBR, EPDM, FKM
Rotores disponibles metálicos:	AISI-316, AISI-420
Material cuerpo bomba:	AISI-316, AISI-410
Cierres mecánicos:	Carb. Silicio/ Carb. Tungsteno, Grafito/Carb. Tungsteno
Conexiones standard	Bridas DIN DN-100 o DN-125
Otras conexiones disponibles:	DIN 11851 NW 70-damp, SMS, Enlacs a Rotula, Bridas ANSI, etc.



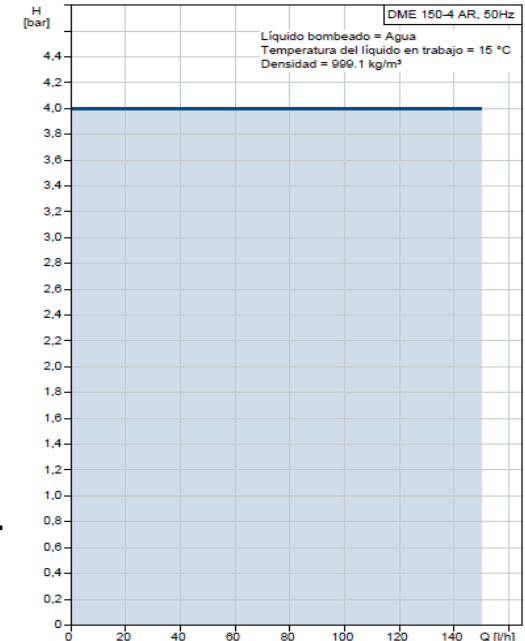
BOMBA DOSIFICADORA DEL HIPOCLORITO DE SODIO Y ÁCIDO CÍTRICO

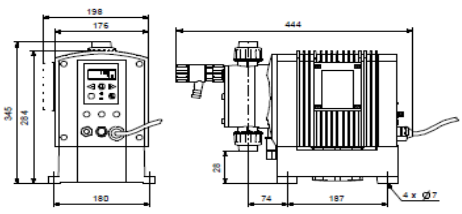


Empresa:
Creado Por:
Teléfono:

Datos: 30/09/2018

Descripción	Valor
Información general:	
Producto::	DME 150-4 AR
Código::	Bajo pedido
Número EAN::	Bajo pedido
Técnico:	
Rango de frecuencia de carrera máx.:	160 1/min
Capacidad máxima:	150 l/h
Homologaciones en placa:	CE,EAC
Anti-cavitación:	función integrada
Válvula de aireación:	no
Válvula:	Standard
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Acero inoxidable 1.4401
Válvula de bola:	Acero inoxidable 1.4401
Junta:	FKM
Instalación:	
Presión de trabajo máxima:	4 bar
Aspiración:	THREADED RP 3/4"
Descarga:	THREADED RP 3/4"
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Liquid temperature during operation:	15 °C
Densidad:	999.1 kg/m³
Datos eléctricos:	
Potencia de entrada - P1:	67.1 W
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	1 x 100-240 V
Corriente nominal:	1.25-0.67 A
Modelo de cable de conexión:	SCHUKO
Paneles control:	
Variante de control:	AR
Panel de control:	Parte frontal
Control de nivel:	conexión para sensor de doble nivel o arranque/parada externo
Control impulso:	conex. para control por pulsación
Bloque (impulsos):	dosificación por pulsación integrada
Control 4-20 mA:	conexión para control analógico 4-20 mA
Límite de capacidad:	Función limitación capacidad máx.integrada
Bloque (temporizador):	función dosificación por temporizador
Otras entradas/salidas:	Relé alarma
Otros:	
Peso neto:	15 kg





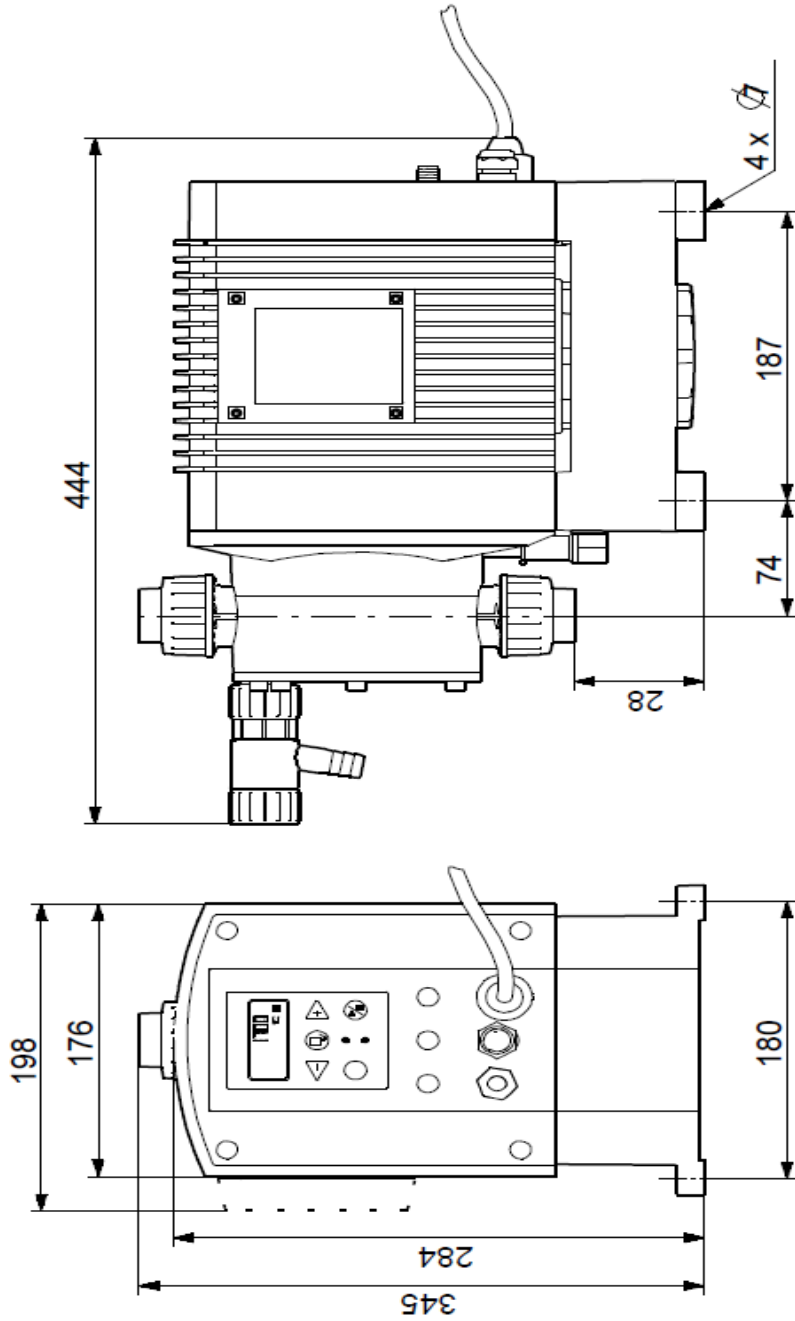
See Installation and Operating Instructions

Siehe Montage- und Betriebsanleitung


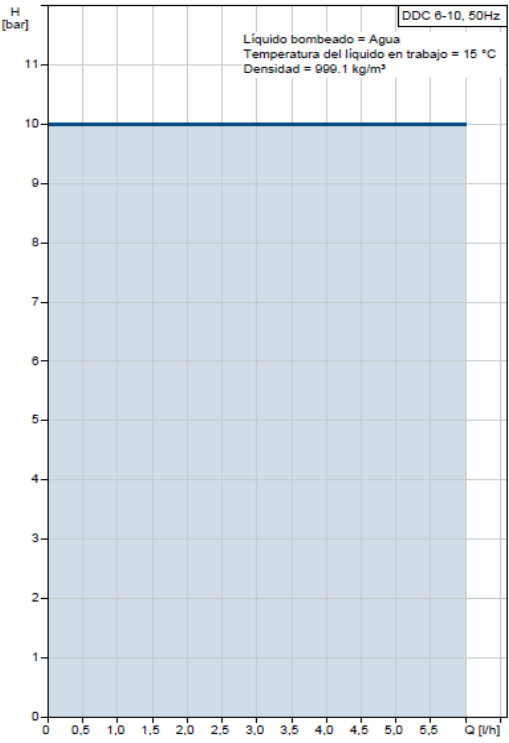
Voir Notice d'installation et d'entretien

Se monterings- og driftsinstruktion

Bajo pedido DME 150-4 AR 50 Hz



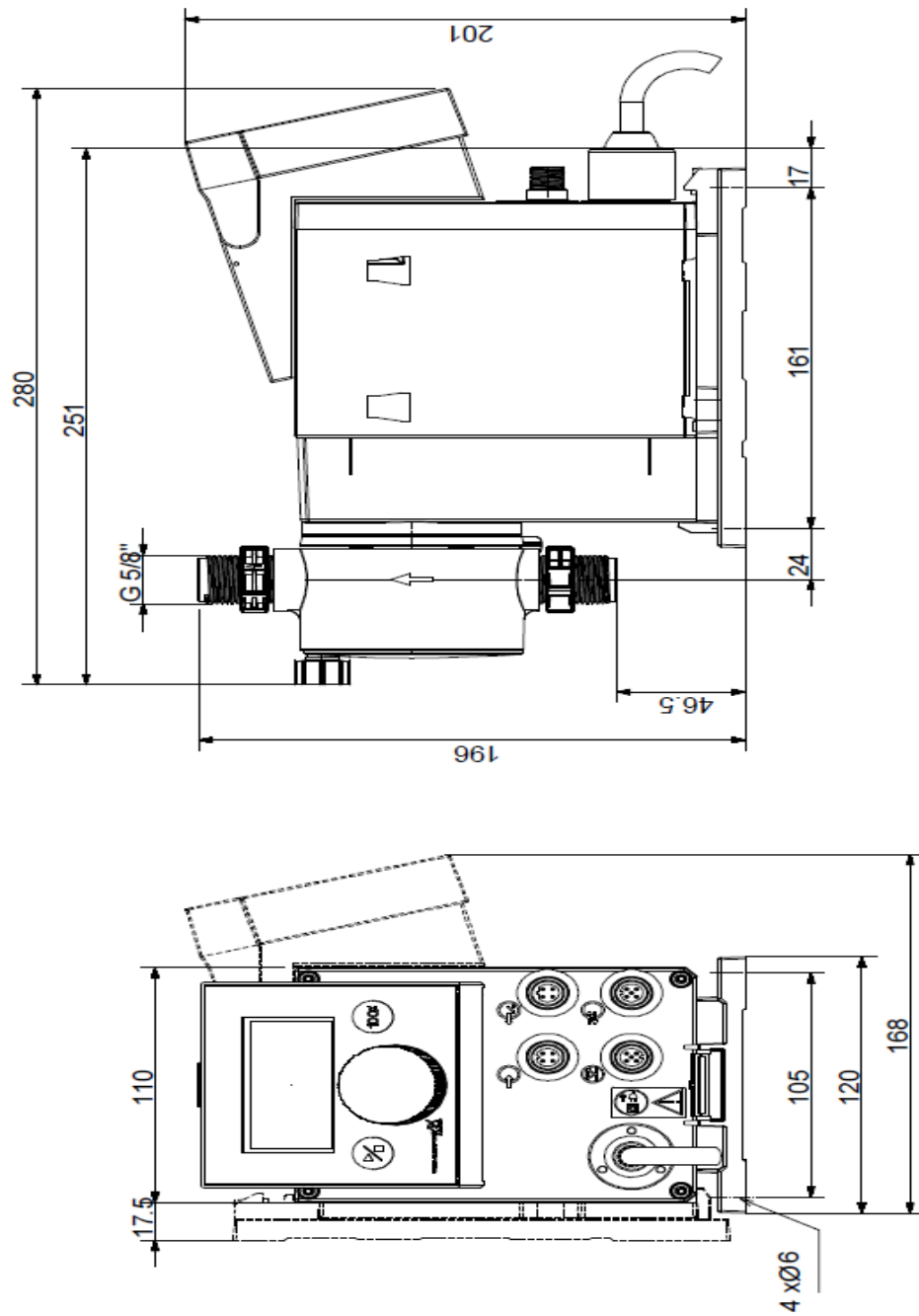
BOMBA DOSIFICADORA DEL CLORURO FÉRRICO

GRUNDFOS 		Empresa: Creado Por: Teléfono:
		Datos: 30/09/2018
Descripción	Valor	
Información general:		
Producto::	DDC 6-10	
Código::	97721370	
Número EAN::	5710622715118	
Técnico:		
Nomenclatura de tipo:	DDC 6-10 AR-PVC/M/C-F-31U2	
Caudal máx.:	12 l/h	
Caudal máx. en modo lento 50 %:	3 l/h	
Caudal máx. en modo lento 25 %:	1.5 l/h	
Caudal mín.:	6.0 ml/h	
Ratio reducción:	1:1000	
Homologaciones en placa:	CE, CSA-US, NSF61, EAC, RCM	
Tipo de válvula:	Estándar	
Máxima viscosidad al 100 %:	50 mPas	
Máxima viscosidad en modo lento 50 %:	1800 mPas	
Máxima viscosidad en modo lento 25 %:	2500 mPas	
Precisión de repetibilidad:	1 %	
Materiales:		
Cabezal de dosificación:	PVC (cloruro de polivinilo)	
Válvula de bola:	Cerámica	
Junta:	FKM	
Instalación:		
Rango de temperaturas ambientes:	0 .. 45 °C	
Presión de trabajo máxima:	10 bar	
Conjunto de instalación:	NO	
Tipo de instalación:	Sin conjunto de instalación	
Aspiración:	4/6, 6/9, 6/12, 9/12 mm	
Descarga:	4/6, 6/9, 6/12, 9/12 mm	
Máx. altura de aspiración durante funcionamiento:	6 m	
Máx. altura de aspiración durante cebado:	2 m	
Líquido:		
Líquido bombeado:	Agua	
Rango de temperatura del líquido:	-10 .. 45 °C	
Liquid temperature during operation:	15 °C	
Densidad:	999.1 kg/m³	
Datos eléctricos:		
entrada de potencia máxima - P1:	22 W	
Frecuencia de alimentación:	50 Hz	
Tensión nominal:	1 x 100-240 V	
Grado de protección (IEC 34-5):	IP65 / NEMA 4X	
Longitud de cable:	1.5 m	
Modelo de cable de conexión:	EU	
Corriente de irrupción:	25A a 230V desde 2ms	
Paneles control:		
Variante de control:	AR	
Panel de control:	MONTAJE FRONTAL	
Control de nivel:	YES	
Entrada analógica:	0/4-20 mA	
Control de pulso:	SI	

Impresión del WinCADS Grundfos P018 05 0201

A7

97721370 DDC 6-10 50 Hz



TUBERIAS

Molecor ofrece el más amplio rango de tubería de PVC-O que existe en el mercado, tanto en diámetros como en presiones.

TOM® PVC-O 500										
Presión Nominal (bar)		PN12,5		PN16		PN20		PN25		
Diámetro Nominal (DN)	Diámetro Exterior (DE)		Diámetro Interior (DI)	Espesor Nominal (e)	Diámetro Interior (DI)	Espesor Nominal (e)	Diámetro Interior (DI)	Espesor Nominal (e)	Diámetro Interior (DI)	Espesor Nominal (e)
	min.	max.								
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
90	90,0	90,3	-	-	84,0	2,0	84,0	2,5	82,2	3,1
110	110,0	110,4	104,4	2,2	104,0	2,4	103,2	3,1	101,4	3,8
125	125,0	125,4	118,8	2,5	117,8	2,8	117,0	3,5	115,2	4,3
140	140,0	140,5	133,0	2,8	132,4	3,1	131,2	3,9	129,2	4,8
160	160,0	160,5	152,0	3,2	151,4	3,5	150,0	4,4	147,6	5,5
200	200,0	200,6	190,0	4,0	189,2	4,4	187,4	5,5	184,4	6,9
225	225,0	225,7	213,6	4,5	212,8	5,0	210,8	6,2	207,4	7,7
250	250,0	250,8	237,4	5,0	236,4	5,5	234,2	6,9	230,6	8,6
315	315,0	316,0	299,2	6,3	298,0	6,9	295,2	8,7	290,6	10,8
355	355,0	356,1	337,4	7,1	336,0	7,8	332,4	9,8	327,2	12,2
400	400,0	401,2	379,8	8,0	378,4	8,8	374,8	11,0	369,0	13,7
450	450,0	451,4	427,6	8,9	426,0	9,9	421,4	12,4	415,0	15,4
500	500,0	501,5	474,6	9,9	472,8	11,0	468,6	13,7	461,2	17,1
630	630,0	631,9	597,8	12,6	595,8	13,8	590,4	17,3	581,0	21,6
710	710,0	712,0	674,8	14,2	671,4	15,4	665,6	19,2	654,6	24,4
800	800,0	802,0	760,4	16,3	757,8	17,4	750,4	21,6	-	-

TABLAS

Presión de vapor de agua líquida y hielo a varias temperaturas

www.vaxasoftware.com

Tabla 1. Presión de vapor del agua líquida entre 0 °C y 374 °C

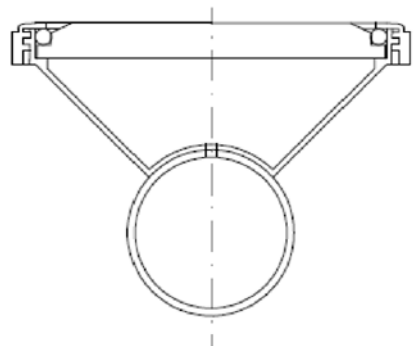
T/°C	P/mmHg	P/hPa	T/°C	P/mmHg	P/hPa	T/°C	P/mmHg	P/hPa
0	4.58447	6.11213	47	79.709	106.27	95	634.61	846.08
0.01	4.58780	6.11657	48	83.839787	111.77719	96	658.32811	877.69863
1	4.9286	6.5709	49	88.147	117.52	97	682.78	910.30
2	5.29523	7.05973	50	92.652794	123.52690	98	707.97856	943.89378
3	5.6861	7.5808	51	97.343	129.78	99	733.95	978.52
4	6.10192	8.13522	52	102.24846	136.32007	99.97436	760.00000	1013.25000
5	6.5449	8.7258	53	107.35	143.12	100	760.69583	1014.17770
6	7.01547	9.35316	54	112.68263	150.23115	101	787.57	1050.0
7	7.5164	10.021	55	118.23	157.62	102	815.86	1087.7
8	8.047742	10.72944	56	124.01403	165.33844	103	845.12	1126.7
9	8.6130	11.483	57	130.03	173.36	104	875.06	1166.7
10	9.211800	12.28139	58	136.30436	181.72420	105	906.07	1208.0
11	9.8483	13.130	59	142.82	190.41	106	937.92	1250.5
12	10.52173	14.02782	60	149.61837	199.47476	107	970.60	1294.0
13	11.237	14.981	61	156.67	208.88	108	1004.42	1339.12
14	11.99284	15.98914	62	164.02397	218.68064	109	1038.92	1385.11
15	12.795	17.058	63	171.65	228.85	110	1074.56	1432.63
16	13.64172	18.18747	64	179.59222	239.43660	111	1111.20	1481.48
17	14.539	19.384	65	187.83	250.42	112	1148.74	1531.53
18	15.48630	20.64670	66	196.37965	261.84180	113	1187.42	1583.10
19	16.489	21.983	67	205.28	273.68	114	1227.25	1636.20
20	17.54591	23.39262	68	214.51753	285.99985	115	1267.98	1690.50
21	18.663	24.882	69	224.09	298.76	120	1489.14	1985.36
22	19.84140	26.45302	70	234.03345	312.01894	125	1740.93	2321.05
23	21.085	28.111	71	244.33	325.75	130	2026.10	2701.24
24	22.39517	29.85777	72	255.02991	340.01191	135	2347.26	3129.42
25	23.776	31.699	73	266.11	354.78	140	2710.92	3614.26
26	25.23127	33.63893	74	277.59509	370.09635	145	3116.76	4155.34
27	26.763	35.681	75	289.49	385.95	150	3570.48	4760.25
28	28.37551	37.83090	76	301.82085	402.39470	175	6694.08	8924.71
29	30.071	40.092	77	314.58	419.41	200	11 659.16	15 544.27
30	31.85546	42.47046	78	327.80268	437.03430	225	19 123.12	25 495.40
31	33.730	44.969	79	341.48	455.27	250	29 817.84	39 753.85
32	35.70064	47.59694	80	355.63988	474.14751	275	44 580.84	59 436.23
33	37.769	50.354	81	370.28	493.67	300	64 432.8	85 903.3
34	39.942	53.25230	82	385.43552	513.87177	325	90 447.6	120 587
35	42.221	56.290	83	401.10	534.76	350	124 001.6	165 321.9
36	44.61458	59.48122	84	417.29658	556.34969	360	139 893.2	186 508.9
37	47.121	62.823	85	434.04	578.67	365	148 519.2	198 009.3
38	49.75255	66.33128	86	451.33394	601.72910	366	150 320.4	200 410.7
39	52.506	70.002	87	469.21	625.56	367	152 129.2	202 822.3
40	55.39430	73.85299	88	487.66248	650.16317	368	153 960.8	205 264.2
41	58.413	77.878	89	506.73	675.58	369	155 815.2	207 736.5
42	61.58004	82.09997	90	526.40110	701.81042	370	157 692.4	210 239.2
43	64.886	86.508	91	546.72	728.90	371	159 584.8	212 762.2
44	68.35239	91.12902	92	567.67280	756.83482	372	161 507.6	215 325.8
45	71.968	95.950	93	589.31	785.68	373	163 468.4	217 939.9
46	75.756417	101.00025	94	611.60471	815.40588	373.946	165 452.0	220 584.5

PLANOS

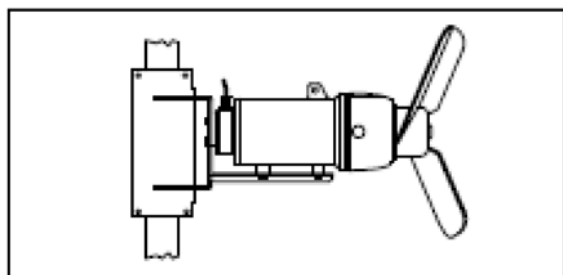
ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 PLANTA DE LA INSTALACIÓN

PLANO 2 ALZADO DE LA INSTALACIÓN

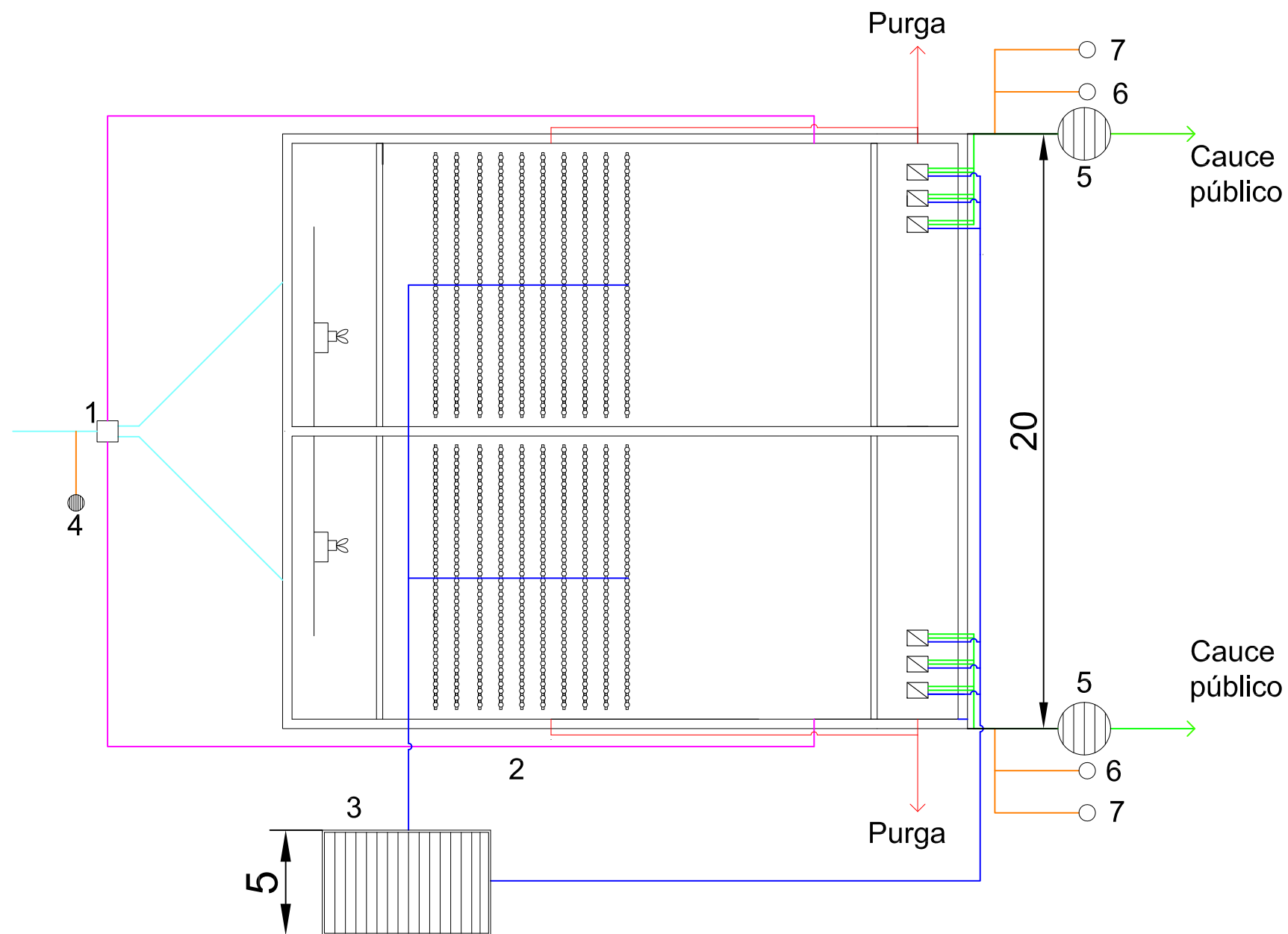


DETALLE DIFUSOR

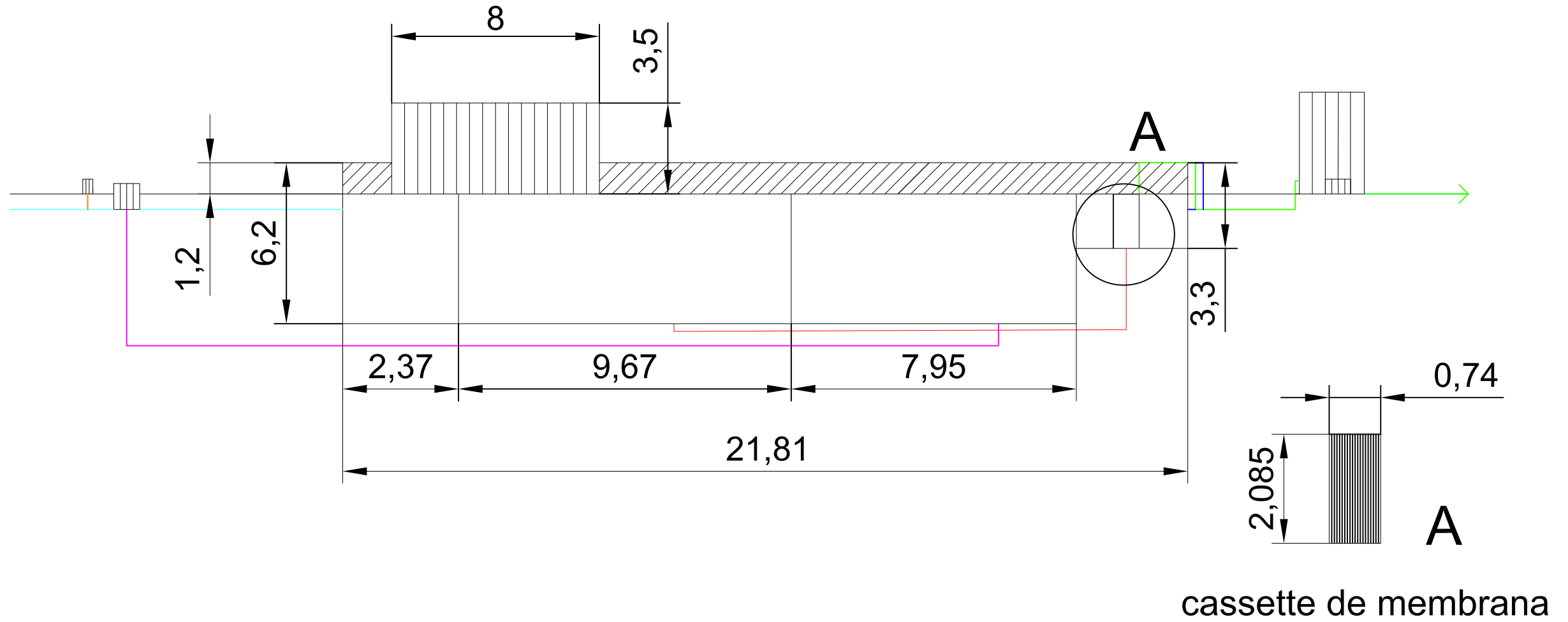


DETALLE AGITADOR

1. ARQUETA
2. MBR
3. NAVE SOPLANTES
4. DEPÓSITO CLORURO FÉRRICO
5. DEPÓSITO PERMEADO
6. DEPÓSITO ÁCIDO CÍTRICO
7. DEPÓSITO HIPOCLORITO DE SODIO



TFG INGENIERÍA QUÍMICA	PLANTA DE LA INSTALACIÓN	
	GRACE SIMBAÑA ALVARO	PLANO 1



- Tuberías recirculación interna Ø 500 mm
- Tuberías recirculación externa Ø 400 mm
- Tuberías de permeado Ø 200 mm
- Tuberías de entrada Ø 315 y 200 mm
- Tuberías de dosificación de reactivos Ø 90 mm
- Tuberías de aire Ø 100 y 200 mm

TFG INGENIERÍA QUÍMICA	ALZADO DE LA INSTALACIÓN	ESCALA 1/125
	GRACE SIMBAÑA ALVARO	PLANO 2

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

1. OBJETIVO	5
2. ÁMBITO DE APLICACIÓN	5
3. DISPOSICIONES GENERALES	6
3.1 CONTRAINDICACIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO	6
3.2 AUTORIDAD DEL INGENIERO DIRECTOR	6
3.3 SUBCONTRATOS	7
3.4 CONDICIONES DE TIPO GENERAL DE LOS MATERIALES, SUS APARATOS Y SU PROCEDENCIA	7
3.5 PLAZO DE COMIENZO Y EJECUCIÓN	7
3.5.1 SANCIONES POR RETRASOS DE LAS OBRAS.	8
3.6 OBRAS DE REFORMA Y MEJORA	8
3.6.1 TRABAJOS DEFECTUOSOS.....	8
3.7 RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LAS OBRAS	9
3.8 MEDICIÓN DEFINITIVA DE LOS TRABAJOS	10
3.9 PLAZO DE GARANTÍA	10
3.10 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE	10
3.11 RECEPCIÓN DEFINITIVA	10
3.12 OBLIGACIONES DE LA CONTRATA	10
3.13 RESPONSABILIDADES DE LA CONTRATA	12
3.14 SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO	12
4. CONDICIONES TÉCNICAS QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES	13
4.1 AGUAS	14
4.2 ARENAS	15
4.3 GRAVA PARA HORMIGONES	15
4.4 CEMENTOS UTILIZABLES	16
4.5 MORTERO DE CEMENTO PORTLAND	16
4.6 HORMIGONES	17
4.7 ACERO PARA ARMAR	17
4.8 MATERIALES NO CONSIGNADOS EN ESTE PLIEGO	18
4.9 ALUMINIO	18
4.10 SELLANTES	18

5.	CONDICIONES TÉCNICAS QUE HA DE CUMPLIR LA EJECUCIÓN	19
5.1	CONDICIONES GENERALES DE LA EJECUCIÓN	19
5.1.1	REPLANTEO	19
5.1.2	MOVIMIENTO DE TIERRA-AGOTAMIENTO	20
5.1.3	POCERÍA Y SANEAMIENTO	20
5.1.4	ESTRUCTURA	21
5.1.5	CARPINTERÍA DE ARMAR, DE TALLER Y METÁLICA	22
5.1.6	FONTANERÍA Y APARTADOS ASOCIADOS	22
5.1.7	ELECTRICIDAD	22
5.1.8	AYUDAS	23
5.2	ESPECIFICACIONES SOBRE CONTROL DE CALIDAD	24
5.3	MEDICIÓN, VALORACIÓN Y ABONO DE LAS UNIDADES DE OBRA	25
5.3.1	MOVIMIENTO DE TIERRA	26
5.3.2	SANEAMIENTO	27
5.3.3	CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA	27
5.3.4	AISLANTES E IMPERMEABILIZANTES	28
5.3.5	SOLDADO Y ALICATADO	28
5.3.6	CARPINTERÍA METÁLICA	29
5.3.7	VALORACIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS	29
6.	PLIEGO DE CONDICIONES DE EQUIPOS Y MAQUINARIA	31
6.1	ÓRGANOS DE CIERRE Y REGULACIÓN DE CAUDAL EN TUBERÍAS Y CANALES	31
6.1.1	GENERALIDADES	31
6.1.2	COMPUERTAS	32
6.1.3	VÁLVULAS	32
6.2	BOMBAS Y SOPLANTES	32
6.2.1	BOMBAS	32
6.2.2	SOPLANTES	33
6.3	TUBERÍAS	34
6.3.1	PRUEBA DE PRESIÓN INTERIOR	37
6.3.2	PRUEBA DE ESTANQUEIDAD	38
6.3.3	PROTECCIÓN TUBERÍAS ESPECIALES	39
6.3.4	VENTOSAS DE TUBERÍAS	39
6.3.5	CAUDALÍMETROS Y CONTADORES	39
6.3.6	VÁLVULAS DE RETENCIÓN	39

6.4	CONTROL DEL PROCESO	39
6.4.1	SALA DE CONTROL	39
6.4.2	INSTRUMENTACIÓN	40
6.4.3	LAZOS DE MEDIDA.....	40
6.5	CONTROL DE INSTALACIONES Y EQUIPOS	41
6.5.1	TUBOS DE PLÁSTICO	41
6.5.2	JUNTAS DE CAUCHO NATURAL Y SINTÉTICO	41
6.5.3	REVESTIMIENTO DE TUBOS.....	41
6.5.4	VÁLVULAS	41
6.5.5	MOTORES.....	42
6.5.6	BOMBAS	43
6.5.7	PRUEBAS Y ENSAYOS DE OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES.....	43
6.6	PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD	44
6.6.1	TUBERÍAS	44
6.6.2	OBRAS DE HORMIGÓN	44
6.6.3	CAUDALÍMETROS Y CONTADORES	44
6.6.4	VÁLVULAS DE RETENCIÓN	44
6.7	PRUEBA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO	45

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

1. OBJETIVO

El presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares constituye el conjunto de normas que juntamente con las establecidas en los planos del Proyecto define todos los requisitos técnicos de las obras que son objeto del mismo.

En general se ha procedido a definir lo más exhaustivamente posible los conceptos de cada unidad de obra comprende. Tiene por objeto en primer lugar, establecer las condiciones que debe cumplir la maquinaria a instalar en el Tratamiento Secundario de la E.D.A.R a instalar.

Es importante puntualizar que las características técnicas de los equipos de proceso que ya han sido dimensionados en el Anexo de Dimensionamiento no se volverán a exponer en este apartado.

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las instrucciones del presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se aplicarán a todas las obras necesarias que se definen en el proyecto: *“Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria”*.

Además de las especificaciones en el presente pliego, serán de aplicación las disposiciones, normas y reglamentos, cuyas prescripciones, en cuanto puedan afectar a las obras objeto de este pliego, quedan incorporadas formando parte integrante de él mismo. En caso de discrepancia entre alguna de estas normas se adoptará la decisión del Ingeniero Director de la Obra.

Serán de aplicación de modo explícito las siguientes normas y disposiciones:

- Instrucciones del Instituto Nacional de Racionalización y Normalización (Normas UNE).
- Legislación sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08.
- Recomendaciones Internacionales Unificadas para el Cálculo y la Ejecución de las Obras de Hormigón Armado (C.E.B.).
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua (M.O.P. de Julio de 1947).

- Condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. Decreto 3275/82 del 12 de Noviembre.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión e instrucciones reglamentarias. Real Decreto 842/2002 del 2 de Agosto.
- Normas sismorresistentes: parte general y edificación (NCSE-02).
- Recomendaciones y Normas de la Organización Internacional de Normalización (I.S.O.).
- Normas del Código Técnico de Edificación (CTE).

Si alguna de las Prescripciones o Normas a las que se refieren los párrafos anteriores coincidieran de modo distinto en algún concepto, se entenderá como válida la más restrictiva.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 CONTRAINDICACIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO

Los trabajos omitidos en el Pliego de Condiciones y omitidos en los Planos o viceversa, deberán ser ejecutados como si estuviesen en los dos documentos.

En caso de contraindicación entre los planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último.

Las omisiones en los Planos y en los Pliegos de Condiciones y las descripciones erróneas de la obra que sean indispensables para llevar a cabo el espíritu o intención expuestos en los citados documentos, no sólo eximirán al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que, al contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran estado completos y correctamente especificados en los Planos y los Pliegos de Condiciones.

3.2 AUTORIDAD DEL INGENIERO DIRECTOR

El Ingeniero Director de las obras resolverá cualquier cuestión que surja referente a la calidad de los materiales empleados en las diferentes unidades de obras contratadas, interpretación de planos y especificaciones y, en general, todos los problemas que se planteen durante la ejecución de los trabajos encargados.

3.3 SUBCONTRATOS

Ninguna parte de las obras podrá ser subcontratada sin consentimiento previo del Ingeniero Director de las mismas.

Las solicitudes para poder ceder cualquier parte del contrato deberán formularse por escrito y acompañarse con un testimonio que acredite que la organización que ha de encargarse de los trabajos que han de ser objeto de subcontratos está capacitada y equipada para su ejecución. La aceptación del subcontrato no relevará al contratista de su responsabilidad contractual.

3.4 CONDICIONES DE TIPO GENERAL DE LOS MATERIALES, SUS APARATOS Y SU PROCEDENCIA.

El contratista tienen libertad de proveerse de los materiales y aparatos de toda clase en los puntos que le parezca conveniente, siempre que reúna las condiciones exigidas en el contrato, que estén preferentemente preparados para el objeto que se apliquen, y sean empleados en obra conforme a las reglas del arte, a lo preceptuado en el Pliego de Condiciones y a lo ordenado por el Ingeniero Director.

Se exceptúa el caso en el que los Pliegos de Condiciones Particulares dispongan de un origen preciso y determinado, en cuyo caso, este requisito será de indispensable cumplimiento, salvo orden por escrito en contrario del Ingeniero Director,

Como norma general el Contratista vendrá obligado a presentar el Certificado de Garantía o Documento de Idoneidad Técnica de los diferentes materiales destinados a la ejecución de la obra. Todos los materiales y, en general, todas las unidades de obra que intervengan en la construcción del presente proyecto, habrán de cumplir las condiciones exigidas por el Pliego de Condiciones, por lo que el Ingeniero podrá rechazar material o unidad de obra que no reúna las condiciones exigidas, sin que el contratista pueda hacer reclamación alguna.

3.5 PLAZO DE COMIENZO Y EJECUCIÓN

El adjudicatario deberá dar comienzo a las obras dentro de los 15 días siguientes a la fecha de adjudicación definitiva a su favor, dando cuenta de oficio de la Dirección Técnica, del día que se propone inaugurar los trabajos, quien acusará recibo.

Las obras deberán quedar total u absolutamente terminadas en el plazo que se fije en la adjudicación a contar desde igual fecha que en el caso anterior. No se considerará motivo de

demora de las obras la posible falta de mano obra o dificultades en la entrega de los materiales.

3.5.1 SANCIONES POR RETRASOS DE LAS OBRAS.

Si el constructor, excluyendo los casos de fuerza mayor, no tuviese concluidas completamente las obras y en disposición de inmediata disposición o puesta en servicio, dentro del plazo previsto en el artículo correspondiente, la propiedad oyendo el parecer de la Dirección Técnica, podrá reducir de las liquidaciones, fianzas o emolumentos de toda clase que tuviese en su poder las cantidades establecidas según las cláusulas del contrato privado entre Propiedad y Contrata.

3.6 OBRAS DE REFORMA Y MEJORA

Si por decisión de la Dirección Técnica se introdujesen mejoras, presupuestos adicionales o reformas, el constructor que obligado a ejecutarlas, con la baja correspondiente conseguida en el acto de la adjudicación, siempre que la adjudicación no sea superior al 10% del presupuesto de la obra.

3.6.1 TRABAJOS DEFECTUOSOS

El contratista, como es natural, debe emplear los materiales que cumplan las condiciones generales exigidas en el Pliego de Condiciónes Generales y realizará todos los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado en dicho documento.

Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que han contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por su mala calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servir de excusa, ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que por el Ingeniero Director o sus auxiliares, no se la haya llamado la atención particular, ni tampoco el hecho de que le hayan sido valoradas las certificaciones parciales de obra, que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta. Así mismo será de su responsabilidad la correcta conservación de las diferentes partes de la obra, una vez ejecutadas, hasta su entrega.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero Director o su representante en la obra, de acuerdo con el proyecto adviertan vicios o defectos en los trabajos efectuados, o que los materiales empleados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de ejecución de los trabajos o finalizados éstos y antes de verificarse la

recepción definitiva, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo preceptuado y todo ello a expensas de la contrata.

En el supuesto de que la reparación de la obra, de acuerdo con el proyecto, o su demolición, no fuese técnicamente posible, se actuará sobre la devaluación económica de las unidades en cuestión, en cuantía proporcionada de los defectos y en relación al grado de acabado que se pretende para la obra.

En caso de reiteración en la ejecución de unidades defectuosas, o cuando estas sean de gran importancia, la Propiedad podrá optar, previo asesoramiento de la Dirección Facultativa, por la rescisión de contrato sin perjuicio de las penalizaciones imponer a la contrata en concepto de indemnización.

3.7 RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LAS OBRAS.

Una vez terminada la totalidad de las obras, se procederá a la recepción provisional, para la cual será necesaria la asistencia de un representante de la Propiedad, de los Ingenieros Directores de las obras y del Contratista o su representante. Del resultado de la recepción se extenderá un acta por triplicado, firmando los tres asistentes legales antes indicados.

Si las obras se encuentran en buen estado y han sido ejecutadas con las condiciones establecidas, se darán por recibidas provisionalmente, comenzando a correr en dicha fecha la garantía de un año.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, hará constar en el acta y se especificarán en la misma los defectos observados, así como las instrucciones al Contratista, que la Dirección Técnica considere oportunas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlo, expirado el cual, se efectuara un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones, a fin de proceder de nuevo a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no hubiese cumplido, se considerará rescindida la Contrata con pérdidas de fianza, a no ser que se estime conveniente que se le conceda un nuevo e improrrogable plazo.

Será condición indispensable para que se proceda a la recepción provisional la entrega de la Contrata a la Dirección Facultativa de la totalidad de los planos de obra generales y de las instalaciones realmente ejecutadas, así como sus permisos de uso correspondientes.

3.8 MEDICIÓN DEFINITIVA DE LOS TRABAJOS

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente, por parte de la Dirección de la obra a su medición general y definitiva, con precisa asistencia del Contratista o un representante nombrado por él de oficio.

3.9 PLAZO DE GARANTÍA

El plazo de garantía de las obras terminadas será de UN AÑO, transcurrido el cual se efectuará la recepción definitiva de las mismas, que de resolverse favorablemente, relevará al constructor de toda responsabilidad de conservación, reforma o reparación.

Caso de hallarse anomalías u obras defectuosas, la Dirección Técnica concederá un plazo prudencial para que sean subsanadas y si a la expiración del mismo resultase que el Constructor no hubiese cumplido su compromiso, se rescindirá el contrato, con pérdida de la fianza, ejecutando la Propiedad las reformas necesarias con cargo a la citada fianza.

3.10 CONSERVACIÓN DE LAS OBRAS RECIBIDAS PROVISIONALMENTE

Los gastos de conservación recibidos durante el plazo de garantía, comprendido entre la recepción parcial y la definitiva correrán a cargo del Contratista. En caso de duda será Juez Imparcial, la Dirección Técnica de la obra, sin que contra su recurso quepa ulterior recurso.

3.11 RECEPCIÓN DEFINITIVA

Finalizado el plazo de garantía se procederá a la recepción definitiva, con las mismas formalidades que la provisional. Si se encontraran las obras en perfecto estado de uso y conservación, se darán recibidas definitivamente y quedará el Contratista relevado de toda responsabilidad administrativa quedando subsistente la responsabilidad civil según establece la Ley.

En caso contrario se procederá de idéntica forma que la preceptuada para la recepción provisional, sin que el Contratista tenga derecho a percepción de cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía y siendo obligación suya hacerse cargo de los gastos de conservación hasta que la obra haya sido recibida definitivamente.

3.12 OBLIGACIONES DE LA CONTRATA

Toda obra se ejecutará con estricta sujeción al proyecto que sirve de base a la Contrata, a este Pliego de Condiciones y a las órdenes e instrucciones que se indiquen por el Ingeniero

Director o ayudantes delegados. El orden de los trabajos será fijado por ellos, señalándose los plazos prudenciales para buena marcha de las obras.

El Contratista habilitará por su cuenta los caminos, vías de acceso... así como una caseta en la obra donde figuren, en las debidas condiciones, los documentos esenciales del proyecto, para poder ser examinados en cualquier momento. Igualmente permanecerá en la obra bajo custodia del Contratista un “libro de órdenes”, para cuando lo juzgue necesario la Dirección, dictar las que hayan de extenderse, y firmarse el “enterado” de las mismas por el jefe de obra. El hecho de que en dicho libro no figuren las ordenes que preceptivamente tiene la obligación de cumplir el Contratista, de acuerdo con lo establecido en el “Pliego de Condiciones” de la Edificación, no supone eximente ni atenuante alguno para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista.

Por la Contrata se precisarán todos los medios que se precisen y locales para almacenes adecuados, pudiendo adquirir los materiales dentro de las condiciones exigidas en el lugar y sitio que tenga por conveniente, pero reservándose siempre el propietario, siempre por sí mismo o por intermedio de sus técnicos, el derecho de comprobar si el Contratista ha cumplido sus compromisos referentes al pago de jornales y materiales invertidos en la obra e igualmente en lo referente a las cargas en materia social, especialmente al aprobar las liquidaciones o recepciones de obras.

La Dirección Técnica con cualquier parte de la obra ejecutada que no esté de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones o con las instrucciones dadas sobre la marcha, podrá ordenar su inmediata demolición o su sustitución hasta quedar, a su juicio, en las mejores condiciones, o alternativamente, aceptar la obra con la depreciación que estime oportuna, en su valoración.

Igualmente se obliga a la Contrata a demoler aquellas partes en que se aprecie la existencia de vicios ocultos, aunque se hubiesen recibido provisionalmente.

Son obligaciones generales del contratista las siguientes:

- Verificar las operaciones de replanteo y nivelación, previa entrega de las referencias por la Dirección de la Obra.
- Firmar las actas de replanteo y recepciones.

- Presenciar las operaciones de medición y liquidaciones, haciendo las observaciones que estime justas, sin perjuicio del derecho que se asiste para comprobar y examinar dicha liquidación.
- Ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aunque no esté explícitamente estipulado en este pliego.
- El contratista no podrá subcontratar la obra total o parcialmente, sin la autorización escrita por la Dirección, no reconociéndose otra personalidad que la del contratista o su apoderado.
- El Contratista se obliga, a sí mismo, a tomar a su carga a cuanto personal necesario a juicio de la dirección facultativa.
- El Contratista, no podrá, sin previo aviso, y sin consentimiento de la Propiedad y de la Dirección Facultativa, ceder ni traspasar sus derechos a otra persona o entidad.

3.13 RESPONSABILIDADES DE LA CONTRATA

Son de exclusiva responsabilidad del Contratista, además de las expresadas las de:

- Todos los accidentes que por inexperiencia o descuido sucedan a los operarios, tanto en la construcción como en los andamios, debiendo atenerse a lo dispuesto en la legislación vigente sobre accidentes de trabajo y demás preceptos, relacionados con la construcción, régimen laboral...
- El cumplimiento de las Ordenanzas y Disposiciones Municipales en vigor. Y en general será responsable de la correcta ejecución de las obras que haya contratado, sin derecho a indemnización por el mayor precio que pudieran costarle los materiales o por erradas maniobras que cometiera, siendo de su cuenta y riesgo los perjuicios que pudieran ocasionarle.

3.14 SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

El Contratista está obligado a redactar un estudio completo en Seguridad e Higiene específico para la presente obra, conformado y que cumpla las disposiciones vigentes, no eximiéndole el incumplimiento o los defectos del mismo de todas las responsabilidades de todo género que se deriven.

Durante las tramitaciones previas y durante la preparación, la ejecución y remate de los trabajos que estén bajo esta dirección Facultativa, serán cumplidas y respetadas al máximo todas las disposiciones vigentes y especialmente las que se refieren a la Seguridad e Higiene en el Trabajo, en la industria de la construcción, lo mismo que lo relacionado con los intervinientes en el trabajo como con las personas ajenas a la obra.

En caso de acciones ocurridas a los operarios, en el transcurso de ejecución de los trabajos de la obra, en Contratista se atenderá a lo dispuesto a este respecto en la legislación vigente, siendo en este caso, el único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad ni la Dirección Facultativa, por responsabilidad en ningún concepto.

El Contratista será responsable de todos los accidentes que por descuido o inexperiencia sobrevinieran, tanto en la propia obra como en las edificaciones contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en todos los trabajos de ejecución de la obra, cuando a ello hubiera lugar.

4. CONDICIONES TÉCNICAS QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES

Los materiales deberán de cumplir las condiciones que sobre ellos se especifiquen en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego, citándose como referencia:

- Normas MV.
- Normas UNE.
- Normas DIN.
- Normas ASTM.
- Normas NTE.
- Instrucción EHE-08 (REAL DECRETO 1247/2008, del 18 Julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08)).
- Normas AEONOR.

— PIET-70.

Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad, aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica, que avalen sus cualidades, emitidos por Organismos Técnicos reconocidos.

Por parte del Contratista debe existir la obligación de comunicar a los suministradores las cualidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que el empleo previamente de los mismos, sea solicitado informe sobre ellos a la Dirección Facultativa y al Organismo encargado del Control de Calidad. El contratista será responsable del empleo de materiales que cumplan con las condiciones exigidas. Siendo estas condiciones independientes, con respecto al nivel del control de calidad para aceptación de los mismos que se establece en el apartado de Especificaciones de Control de Calidad. Aquellos materiales que no cumplan con las condiciones exigidas, deberán ser sustituidos, sea cual fuere la fase en que se encontrase la ejecución de la obra, corriendo el constructor con todos los gastos que ello ocasionase.

En el supuesto que por circunstancias diversas tal sustitución resultase inconveniente, a juicio de la Dirección Facultativa, se actuará sobre la devaluación económica del material en cuestión, con el criterio que marque la Dirección Facultativa y sin que el Constructor pueda plantear reclamación alguna.

4.1 AGUAS

En general podrán ser utilizadas, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas mencionadas como aceptables para la práctica.

Cuando no se posean antecedentes de su utilización o en caso de duda, deberán analizarse las aguas y salvo justificación especial de que no alteren perjudicialmente las propiedades del hormigón, deberán rechazarse todas las que tengan un pH inferior a 5. Las que posean un total de sustancias disueltas superior a 15 gramos por litro (15000ppm); aquellas cuyo contenido en sulfatos, expresados en SO₄, rebase 14 gramos por litro (14ppm); las que contengan ion cloro en proporción superior a 6 gramos por litro (6000ppm); las aguas en las que se aprecian hidratos de carbono y finalmente las que contengan sustancias orgánicas solubles en éter en calidad igual o superior a 15 gramos por litro (15000ppm).

La toma de muestras y los análisis anteriormente prescritos, deberán realizarse en la forma indicada en los ensayos UNE: 7236, 7234, 7130, 7131, 7178, 7132 y 72335.

Aquellas que se empleen para la confección de hormigón en estructura cumplirán las condiciones que se exige en la Instrucción EHE-08.

4.2 ARENAS

La cantidad de sustancias perjudiciales que pueda presentar la arena o árido fino no excederán de los límites indicados en la tabla 5.1, como se detalla a continuación.

Tabla 5. 1 Porcentajes sustancias perjudiciales en la arena o árido fino.

Cantidad máxima en % del peso total de la muestra	
Terrones de arcilla	1,00
Material retenido por el tamiz 0,063 UNE 7050 y que flota en un líquido de peso específico 2.	0,50
Compuesto de azufre, expresado en SO y referido al árido seco.	4,00

4.3 GRAVA PARA HORMIGONES

La cantidad de sustancias perjudiciales que pueden presentar las gravas o áridos gruesos no excederán de los límites que se indican en la tabla 5.2 a continuación:

Tabla 5. 2: Porcentajes en gravas o áridos.

Cantidad máxima en % del peso total de la muestra	
Terrones de arcilla	0,25
Partículas blancas	5,00
Material retenido por el tamiz 0,063 UNE 7050 y que flota en un líquido de peso específico 2.	1,00
Compuesto de azufre, expresado en SO y referido al árido seco.	-

El árido grueso estará exento de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los alcalinos que contenga el cemento. Su determinación se realizará con arreglo al método de ensayo UNE-7173. En el caso de utilizar las escorias siderúrgicas como árido grueso, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

Tanto las arenas como la grava empleada en la confección del hormigón para la realización de las estructuras deberán cumplir las condiciones que se exigen en las instrucciones EHE-08.

4.4 CEMENTOS UTILIZABLES

Los cementos utilizables podrán ser cualquiera de los que se definen en el siguiente Pliego de Condiciones para la recepción de Conglomerados Hidráulicos, con tal de que sea de una categoría no inferior a la de 250 y satisfaga las condiciones que en dicho Pliego se prescriben. Además el cemento deberá ser capaz de proporcionar al hormigón las cualidades que a este se le exigen en el artículo 10º de la Instrucción EHE-08.

El empleo de cemento aluminoso deberá ser objeto en cada caso, de justificación especial, fijándose por la Dirección Facultativa los controles a los que deberá ser sometido.

En los documentos de origen figurarán el tipo, clase y categoría a la que pertenece el conglomerante. Conviene que en dicho documento se incluyan, asimismo, los resultados de los ensayos que previene el citado Pliego, obtenidos en un Laboratorio.

4.5 MORTERO DE CEMENTO PORTLAND

La preparación de los morteros de cemento Portland puede hacerse a mano o máquina. Si el mortero va a prepararse a mano, mezclarán previamente, la arena con el cemento en seco y añadiendo lentamente el agua necesaria. En el mortero batido a máquina se echará toda la mezcla junta, permaneciendo en movimiento, por lo menos 40 segundos. Se prohíbe tajantemente el rebatido de los morteros.

Los morteros de uso más corrientes en albañilería son del tipo 1:3, 1:4 y 1:6, y cuyas dosificaciones son como se indica en la tabla 5.3 a continuación:

Tabla 5. 3: Dosificaciones más comunes para motores.

Mortero de cemento	Kg./cemento	m ³ /arena	L./agua
Tipo 1:3	440	0,975	260
Tipo 1:4	350	1,030	260
Tipo 1:6	250	1,100	255

No obstante la determinación de las cantidades o proporciones en que se deben entrar los distintos componentes para formar los morteros, será fijada en cada unidad de obra por la

Dirección de Obra, no pudiendo ser variadas en ningún caso por el Constructor. A este efecto deberá existir en la báscula y los cajones y medidas para la arena, con los que se puedan comprobar en cualquier instante las proporciones de áridos, conglomerantes y aguas empleados en su confección.

4.6 HORMIGONES

Los hormigones se ajustarán totalmente a las dosificaciones que se fijen en el correspondiente presupuesto y su cantidad será la necesaria para que no queden coqueras en la masa del hormigón sin perjuicio de su resistencia.

Durante la ejecución de la obra se sacarán probetas de la misma masa del hormigón que se acuerde de acuerdo con las condiciones de control de calidad previsto, observándose en su confección análogas características de apisonado y curado que en la obra. Dichas probetas se romperán a los veintiocho días de su fabricación, siendo válidos los resultados de este último plazo a los efectos de aceptación de la resistencia.

Si las cargas de rotura medidas fueran inferiores a las previstas podrá ser rechazada la parte de obra correspondiente, salvo que las probetas sacadas directamente de la misma obra den una resistencia superior a la de las probetas de ensayo. Si la obra viene a ser considerada defectuosa, vendrá obligado el contratista a demoler la parte de la obra que se le indique por parte de la Dirección Facultativa, rechazándola a su costa y sin que ello sea motivo para prorrogar el plazo de ejecución. Todos estos gastos de ejecución, ensayo y rotura de probetas serán por cuenta del Contratista.

Durante el fraguado y el primer periodo de endurecimiento del hormigón se precisa mantener su humedad, mediante el curado, que se realizará durante un periodo de siete días, durante los cuales se mantendrán húmedas las superficies del hormigón, regándolas directamente o después de abrirlas con un material como arpillera... que mantenga la humedad y evite evaporación rápida.

Los hormigones que se empleen en esta obra tendrán las características que indican en el cuadro adjunto y cumplirán las condiciones que se exigen en la Instrucción EHE-08.

4.7 ACERO PARA ARMAR

El acero, para las estructuras de piezas de hormigón, será de primera calidad, fibroso, sin grietas, flexibles en frío y en modo alguno agrio o quebradizo. Sus características y métodos de ensayo vendrán dados por la norma UNE-36088. Tanto las barras y alambres como las

piezas férricas, no presentarán en ningún punto de su sección restricciones superiores al 2.5%.

Aquellos que sean empleados en elementos estructurales de hormigón armado deberán cumplir las condiciones que se detallan en la Instrucción EHE-08.

4.8 MATERIALES NO CONSIGNADOS EN ESTE PLIEGO.

Cualquier material que no se hubiese consignado en el presente Pliego y fuese necesario utilizar, reunirá las condiciones que requieran para su función a juicio de la Dirección Técnica de la Obra y de conformidad con el Pliego de Condiciones del proyecto. Se consideran además de aplicación las normas: MP-160, NA-61 y PCHA-61 del I.E.T.C.O. así como toda la Normativa Tecnológica de la Obra, aunque no sea de obligado cumplimiento, siempre que haya sido aprobada por el orden ministerial. Así mismo serán de preferente aceptación aquellos que estén en posesión del Documento de Idoneidad Técnica.

4.9 ALUMINIO

Los perfiles de aluminio que se utilicen para la ejecución de las diferentes unidades constructivas serán de fabricación por extrusión y estarán sometidos a procesos de anodizado. El contratista deberá presentar Certificado de Garantía, en el que se haga constar por el fabricante el cumplimiento de estas condiciones así como el espesor de la capa anódica y el procedimiento de coloración.

4.10 SELLANTES

Los distintos productos para el sellado o relleno de juntas deberán poseer las propiedades siguientes:

- Garantía de envejecimiento.
- Impermeabilización.
- Perfecta adherencia a distintos materiales.
- Impermeabilidad ante el contacto permanente con el agua a presión.
- Capacidad de deformación reversible.
- Fluencia limitada.
- Resistencia a la abrasión.

— Estabilidad mecánica ante las temperaturas extremas.

A tal efecto, el Contratista presentará Certificado de Garantía del Fabricante en el que se haga constar el cumplimiento de su producto de los puntos expuestos. La posesión de Documentos de Idoneidad Técnica será razón preferencial para su aceptación.

5. CONDICIONES TÉCNICAS QUE HA DE CUMPLIR LA EJECUCIÓN

El proceso constructivo de las distintas unidades que conforman el proyecto se adaptará a las especificaciones de la Normativa vigente aplicándose con preferencia las siguientes:

- Normas MV.
- Normas Tecnológicas NTE.
- EHE-08.
- Normas CTE.

Por parte del Contratista deberá ponerse especial cuidado en la vigilancia y control de la correcta ejecución de las distintas unidades del Proyecto, con el fin de que la calidad se atenga a las especificaciones que sobre ellas se prevenga en las distintas Normas que sirven de apoyo y guía del proceso constructivo. La aceptación o no de las partes ejecutadas será independiente de que estas hayan sido o no certificadas, puesto que en todo caso las certificaciones deben ser consideradas como “a buena cuenta”.

5.1 CONDICIONES GENERALES DE LA EJECUCIÓN

5.1.1 REPLANTEO

Los replanteos, trazados, nivelaciones y demás obras previstas, se efectuarán por el Contratista de acuerdo con los datos del proyecto, planos, medidas, datos u órdenes que se faciliten, realizando el mismo, con el máximo cuidado, de forma que no se admitirán errores mayores de 1/500 de las dimensiones genéricas, así como de los márgenes de error indicados en las condiciones generales de ejecución del resto de las unidades de obra. La Dirección Facultativa controlará todos estos trabajos a través del Ingeniero Director, Ingeniero Técnico o persona indicados a tal efecto, si bien, la Contrata será totalmente responsable de la mala ejecución del replanteo, nivelación...

La Contrata proporcionará personal y medios auxiliares necesarios para estos operarios, siendo responsable por las modificaciones o errores que resulten por la desaparición de estacas, señales o elementos esenciales establecidos.

5.1.2 MOVIMIENTO DE TIERRA-AGOTAMIENTO

Los vaciados, terraplenados, zanjas, pozos... se ejecutarán con las dimensiones, pendientes y características que se fijan así como los materiales señalados en la medición.

En caso de que fuera necesario apuntalar, entibar o realizar cualquier medida de precaución o protección de las obras, el Contratista vendrá obligado a realizarlas de acuerdo con las necesidades del momento y con las órdenes de la Dirección Facultativa.

La profundidad de la cimentación, será la necesaria hasta encontrar terreno firme, sea más o menos que la calculada en el proyecto, abonándose por unidad de obra resultante. No se procederá al mezclado sin orden expresa la Dirección.

Diariamente se comprobarán los entibados, para evitar posibles tumbos, en cuyo caso y de producirse desgracias personales o materiales, será de exclusiva responsabilidad de la Contrata.

Si se presentasen agotamientos, se adoptarán las medidas convenientes para su ejecución por administración, salvo pacto contrario.

5.1.3 POCERÍA Y SANEAMIENTO

Las obras de pozos... se harán con los materiales marcados en medición y con las dimensiones y pendientes fijadas en cada caso, previos los replanteos que correspondan.

El ancho de la zanja para alojar los tubos de saneamiento será el necesario para poder ejecutar los trabajos de ejecución sin entorpecimientos. Estos se apoyarán sobre el material adecuado que recogerá la unidad correspondiente en medición y se rellenaran con tierras con tongadas de 20 cm.

El pozo de saneamiento se bruñirá al interior con las aristas redondeadas y con pendiente hacia el tubo de salida. Antes de su ejecución se replantearán en situación y nivelación de acuerdo con la pendiente indicada.

Todos los materiales se protegerán perfectamente durante el transporte, colocación y uso de los mismos.

5.1.4 ESTRUCTURA

La estructura cumplirá con todas las normas en vigor, en cuanto a valoración de cargas, esfuerzos, coeficiente de seguridad, colocación de elementos estructurales y ensayos y control de las mismas según se especifica en las hojas adjuntas. Cumplirán las condiciones que se exigen en las Instrucciones EHE-08, MV-102, MV-104, MV-105, MV-106, MV-107 y AE-06.

No obstante se incluyen una serie de condiciones de ejecución que habrán de verificarse en la elaboración, colocación y construcción definitiva de la misma.

Los hierros tanto de redondos como de perfiles laminados serán del diámetro, clase y tamaño especificados en los planos de estructura.

Se replanteará perfectamente toda la estructura de acuerdo con los planos, tanto en planta como en altura y tamaños, antes de proceder a la colocación de encofrados, apeos y demás útiles de ayuda.

Todos los hierros de la estructura, su despiece y colocación se comprobarán antes de estar colocados en su sitio, tanto en encofrados como en apeos, no procediendo a su hormigonado hasta que se haya verificado por la Dirección Facultativa. Se comprobarán en todos los casos las nivelaciones y verticalidades de todos los elementos tanto de encofrado como de estructura.

En las obras de hormigón armado se regarán todos los encofrados antes de hormigonar, debiéndose interrumpir este en caso de temperaturas inferiores a 5°. Durante los 7 primeros días como mínimo será obligatorio el regado diario y no se desencofrará antes de los 7 días en caso de pilares y muros, y de 15 días en caso de vigas, losas y forjados reticulados, no permitiéndose hasta entonces la puesta en carga de ninguno de los elementos de esta estructura.

En los forjados de tipo cerámico o de viguetas, se procederá al macizado de todas las uniones del mismo con vigas y muros en una dimensión no inferior a unos 50 cm del eje del apoyo, así como a la colocación de los hierros de atado y de refuerzo para cada vigueta de acuerdo con los planos de estructura y detalles, incorporándose también el mallazo de reparto.

Las entregas de las viguetas tanto de forjados como de cargaderos serán como mínimo de 15 cm.

5.1.5 CARPINTERÍA DE ARMAR, DE TALLER Y METÁLICA

Todos los elementos de carpintería de armar que se empleen han de tener las dimensiones y escuadrías necesarias para cumplir las condiciones de resistencia que hayan de soportar.

La carpintería de taller y metálica comprenderá las diversas clases de tipos de puertas, ventanas... que se faciliten en la memoria. Las espigas, acopladuras... cumplirán las normas precisas en grueso, dimensiones y demás aspectos. Los contracerros en madera serán de un mínimo de 4x7 ó 4x11, según pertenezcan a tabique o tabicón, llevando los cabeceros cogote no inferior a 7 cm.

No se admitirán nudos soltadizos, resquebrajaduras y uniones encoladas, así como golpes de obra... exigiéndose el lijado de fábrica en caso de madera y minado en metálica y la total terminación del lijado, pintura o barnizado para su certificación como unidad ejecutada.

Los herrajes de colgar y seguridad tendrán las dimensiones y características apropiadas a las superficies y peso de las hojas según las normas a aplicar.

Los zócalos, jambas y tapajuntas serán de las dimensiones y características adecuadas, según los planos de detalle exigiendo las mismas condiciones que para el resto de la carpintería del taller.

5.1.6 FONTANERÍA Y APARTADOS ASOCIADOS

Los aparatos asociados serán los que figuren en los planos y las mediciones exigiéndose la marca y calidad definidas, no permitiéndose los aparatos defectuosos fabricación, burbujas, poros o grietas.

Se colocarán perfectamente nivelados, sujetos al suelo.

No se admitirán los alicatados que se estropeen por culpa de la colocación de los aparatos o de los accesorios, siendo cuenta del Contratista la reposición de aquellos.

5.1.7 ELECTRICIDAD

Los mecanismos de electricidad serán los que figuren en los planos y en las mediciones, exigiéndose la marca, color y calidad definidos en aquellos, no permitiéndose aparatos defectuosos, decolorados, con fisuras... toda la instalación cumplirá el Reglamento de Baja Tensión y los distintos conductores tendrán la secciones mínimas que en él se prescriben.

Los mecanismos se instalarán nivelados y a las distancias que indique la Dirección Facultativa.

La instalación definitiva se instalarán acorde a los planos de la empresa montadora, en los que incluirán todos los por menores de la instalación, exigiendo esta premisa como condición previa.

La instalación irá empotrada bajo un tubo de policloruro de vinilo y de todas las normas de Baja y Alta tensión del Ministerio de Industria, en todo lo concerniente a tomas de tierra, disyuntores automáticos, simultaneidad... así como las particularidades de la compañía suministradora.

Así las canalizaciones se instalarán separadas 30cm como mínimo de la de agua y 5cm como mínimo de las de teléfono o antenas. En cualquier caso todos los materiales de la instalación se protegerán durante el transporte, uso y colocación de los mismos.

La instalación de toma a tierra será de uso exclusivo para la puesta a tierra de toda la instalación eléctrica. La tensión de contacto será inferior a 24V en cualquier masa y con una resistencia del terreno menor 20 Ohmios.

5.1.8 AYUDAS

El contratista que obligado a realizar los trabajos de ayudas contratados porcentualmente o especificados en el presupuesto de la contrata, justificando a través de partes los costes que han supuesto las mismas en caso de alcanzar las cifras presupuestadas, las diferencias se descontarán de las certificaciones o de la liquidación final.

En caso de superarse las previsiones en el contrato, el contratista no tendrá derecho a reclamar cantidad adicional alguna.

Se consideran ayudas las siguientes:

- Apertura de cierre y de rozas.
- Pasos en muros y forjados.
- Andamiaje necesario, comprendiendo su montaje, desmontaje y desplazamiento.
- Mano de obra y maquinaria mecánica para la descarga y desplazamiento de los materiales pesados de la obra.

- Instalaciones de puntos de luz, fuerza y agua, necesarios para la ejecución de las instalaciones.

Por el contrario no se cuentan como ayudas de albañilería de aquellos trabajos que puedan ser medibles como unidades de obra y que recogemos a continuación:

- Excavaciones y rellenos.
- Construcción de barricadas.
- Pozos, aljibes...
- Alineaciones de ventilación o conductos en obras de fábricas.
- Repuestos para inspección.

5.2 ESPECIFICACIONES SOBRE CONTROL DE CALIDAD

Por parte de la Propiedad y con la aprobación de la Dirección Facultativa, se encargará en un Laboratorio de Control de Calidad, con homologación reconocida, ejecución del

Control de Calidad de aceptación. Independientemente el constructor deberá llevar a su cargo y bajo su responsabilidad el Control de Calidad de la producción.

El constructor deberá facilitar a su cargo, al Laboratorio de Control designado por la Propiedad, las muestras de los distintos materiales necesarios, para la realización de los ensayos que se relacionan, así como aquellos otros que se estimase ordenar por la Dirección Facultativa. Con el fin de que la realización de los ensayos no suponga obstáculos alguno en la buena marcha de la obra, las distintas muestras de material se entregarán con antelación suficiente y que como mínimo será de 15 días más el propio tiempo de realización del ensayo.

Por lo que respecta a los controles de ejecución sobre unidades de obra, bien en periodo constructivo, bien terminadas, el Constructor facilitará al Laboratorio de Control todos los medios auxiliares y mano de obra no cualificada, que precise para la realización de los distintos ensayos y pruebas.

En los cuadros que lo acompañan se adjuntan, se detalla una relación de materiales con especificaciones de los controles a realizar y su intensidad de muestreo en su grado mínimo. El incumplimiento de cualquiera de las condiciones fijadas para los mismos conducirá al rechazo de los mismos en la situación en que se encuentra, ya sea en el almacén, acoplado en la obra o colocado, siendo el caso, el Constructor tendrá derecho a realizar a su cargo, un

contraensayo, que designará el Director de la Obra y de acuerdo con las instrucciones que se dicten al efecto del mismo. En base a los resultados de este contraensayo, la Dirección Facultativa podrá autorizar el empleo del material en cuestión, no pudiendo el Constructor plantear reclamación alguna como consecuencia de los resultados obtenidos del ensayo de origen.

Ante un supuesto caso de incumplimiento de las especificaciones y en el que por circunstancias de diversa índole, no fuese recomendable la sustitución del material y se juzgase como de posible utilización por parte de la Dirección Facultativa, previo al consentimiento de la Propiedad, el Director de la Obra podrá actuar sobre la devaluación del precio del material, a su criterio, debiendo el Constructor aceptar dicha devaluación, si la considera más aceptable que preceder a la sustitución. La Dirección Facultativa decidirá si es viable la sustitución del material.

5.3 MEDICIÓN, VALORACIÓN Y ABONO DE LAS UNIDADES DE OBRA

Se indica a continuación el criterio de adoptado para la realización de las mediciones de las distintas unidades de obra, así como la valoración de las mismas.

El Constructor deberá aportar el estudio de sus precios unitarios a los criterios de medición que aquí se expresan, entendiéndose que las condiciones ofertadas se corresponden totalmente con ellas.

En caso de indefinición de alguna unidad de obra, el constructor deberá acompañar a su oferta con la aclaraciones precisas que permitan valorar el alcance de la cobertura del precio de la cantidad ofertada, es para la unidad de obra correspondiente, totalmente acabada y de acuerdo con las especificaciones.

Si por omisión apareciese alguna unidad cuya forma de medición y abono no hubiese quedado especificada o en los casos de aparición de precios contradictorios, deberá recurrirse al Pliego de Condiciones de Carácter General, debiéndose aceptar en todo caso por el Constructor, de forma inapelable, la propuesta redactada a tal efecto por el Director de la Obra.

A continuación se especifican los criterios de medición y valoración de las diferentes unidades de obra.

5.3.1 MOVIMIENTO DE TIERRA

- Excavaciones

Se medirán y abonarán por su volumen deducido de las líneas teóricas de los planos y ordenes de la Dirección de Obra.

El precio comprende el coste de todas las operaciones necesarias para excavación, incluso el transporte al vertedero o a depósito de los productos sobrantes, el refino de las superficies de excavación, la tala y descuaje de toda la clase de vegetación, las entibaciones y otros medios auxiliares, la construcción de desagües para evitar la entrada de aguas superficiales y la extracción de las mismas, el desvío o taponamiento de los manantiales y los agotamientos necesarios.

No serán abonables los trabajos y materiales que hayan de emplearse para evitar posibles desprendimientos, ni los excesos de excavación que por conveniencia o por otras causas ajenas a la Dirección de Obra, ejecute el Constructor.

No serán de abono los desprendimientos, salvo en aquellos casos que se pueda comprobar que fueron debidos a una causa mayor. Nunca lo serán los debidos a negligencias del Constructor o a no haber cumplido las órdenes de la Dirección de Obra.

Los precios fijados para la excavación serán válidos para cualquier profundidad y en cualquier clase de terreno.

- Rellenos

Se medirán y abonarán por metros cúbicos, ya compactados, sobre planos o perfiles transversales al efecto.

El precio comprende todas las operaciones necesarias para la realización de la unidad, así como el aporte de los materiales acordes con las especificaciones, medios auxiliares... para obtener la unidad de obra terminada totalmente, cumpliendo las exigencias marcadas en el proyecto.

En el caso de que se ocasionen excesos de relleno motivados por sobreexcavaciones sobre las líneas teóricas o marcadas por la Dirección de Obra, estará el Constructor obligado a realizar a estos en exceso a su costa, pero cumpliendo las especificaciones de calidad, todo ello siempre que no exista causa de fuerza mayor que lo justifique.

Los precios fijados para el relleno de distintas profundidades se aplicarán en cada caso a toda la altura del mismo.

5.3.2 SANEAMIENTO

- Pozos de registros

El precio comprende los materiales, la mano de obra, medios auxiliares, excavación de tierras, rellenos... necesarios para dejar completamente terminada la unidad tal y como se encuentra definida en los documentos del proyecto.

- Tuberías en general

Se medirán y abonarán por ml realmente ejecutado sobre Ud. totalmente terminada, sin incremento alguno por enchufes o empalmes, piezas especiales... que quedará incluido en el metro lineal especificado.

El precio comprende los materiales, mano de obra, medios auxiliares, evacuación de tierras, rellenos... necesarios para dejar completamente terminada la unidad. Incluye asimismo, la base de asiento según las especificaciones del proyecto u órdenes de la Dirección de Obra, realización de corchetes de ladrillo, fijaciones...

5.3.3 CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

- Hormigones

Se medirán y abonarán por m³ resultantes de aplicar a los distintos elementos, hormigonadas las dimensiones acotadas en los planos y ordenadas por la Dirección de Obra.

Quedan incluidos los precios de los materiales, mano de obra, medios auxiliares, encofrados y desencofrados, fabricación, transporte, vertido y compactación, curado, realización de juntas y cuantas operaciones sean precisas para dejar completamente terminada la unidad de acuerdo con las especificaciones del Proyecto.

En particular quedan asimismo incluidas las adiciones, tales como plastificantes, acelerantes, retardantes... que sean incorporados al hormigón que acusen irregularidades de los encofrados o presenten defectos que a juicio de la Dirección Facultativa exijan tal actuación.

No han sido considerados encofrados para los distintos elementos de la cimentación, debiendo el Contratista incluirlos en su precio si estimase este encofrado necesario.

- Armadura

Las armaduras se medirán y abonarán por su peso teórico, obtenido de aplicar el precio lineal de los diferentes diámetros de longitudes acotados en los planos.

Quedan incluidos en el precio los excesos por tolerancia de laminación, empalmes no previstos y pérdidas por demerito de puntas de barra, lo cual deberá ser tenido en cuenta por el Constructor en la formación del precio correspondiente, ya que no serán abonados estos conceptos.

El precio asignado incluye los materiales, mano de obra y medios auxiliares, para la realización de las operaciones de corte, doblado y la colocación de las armaduras en obra, incluso los separadores y demás medios para mantener los recubrimientos de acuerdo con las especificaciones de Proyecto.

No serán de abono los empalmes que por conveniencia del Constructor sean realizados tras la aprobación de la Dirección de Obra y que no figuren en los planos.

- Forjados

Se medirán y abonarán por metros cuadrados realmente ejecutados y medidos por la cara superior del forjado, descontando los huecos que por sus dimensiones libres en estructura sin descontar anchos de vigas y pilares. Quedan incluidos en el precio asignado al metro cuadrado, los macizados en las zonas próximas a vigas de estructura, los zunchos de bordes e interiores incorporados en el espesor del forjado e incluso la armadura transversal de reparto de la capa de compresión y la de negativos sobre apoyos.

El precio comprende además los medios auxiliares, mano de obra, materiales, así como las cimbras encofrados... necesarios.

5.3.4 AISLANTES E IMPERMEABILIZANTES

Se medirán y abonarán por metro cuadrado de superficie tratada o revestida. El precio incluye todos los materiales, mano de obra, medios auxiliares y operaciones precisas para dejar totalmente terminada la unidad.

No se abonarán los solapes que deberán contabilizarse dentro del precio asignado.

5.3.5 SOLDADO Y ALICATADO

- Pavimento asfáltico

Se medirá y abonará en metros cuadrados de superficie ejecutada y medida en proyección horizontal. El precio incluye los materiales, medios auxiliares, mano de obra y operaciones necesarias para dejar totalmente terminada la unidad, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, es decir, tanto la capa de imprimación como la realización del pavimento, incluso sus juntas.

- Soldados en general

Se medirán y abonarán por metro cuadrado de superficie de pavimento realmente ejecutada.

El precio ofrece el mortero de asiento, lechada, parte proporcional de juntas de latón, las capas de nivelación y en general toda la mano de obra, materiales, medios auxiliares y operaciones precisas para dejar totalmente terminada la unidad, de acuerdo con las prescripciones del proyecto.

5.3.6 CARPINTERÍA METÁLICA

- Emparrillados metálicos y barandillas

Se medirán y abonarán en metros cuadrados de superficie totalmente ejecutada.

El precio incluye los materiales, la mano de obra, medios auxiliares, operaciones y parte proporcional de elementos de anclaje y dejar para dejar totalmente terminada la unidad y su protección a base de dos manos de antioxidante y dos de esmaltes.

- Acero laminado

La definición y formas de medición de este precio es análogo al señalado anteriormente.

- Tubos y otros perfiles metálicos

Se medirán y abonarán por ml medidos sobre su eje, contando entregas y solapes.

El precio incluye los materiales, la mano de obra, operaciones, medios auxiliares, soldaduras, parte proporcional de elementos de fijación y piezas especiales y en general todo lo preciso para completa terminación de la unidad de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

5.3.7 VALORACIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS

- Alcance de los precios

El precio de cada unidad de obra afecta a obra civil y/o instalación, equipo, máquina... abarca:

- Todos los gastos de extracción, aprovisionamiento, transporte, montaje, pruebas en vacío y carga, muestras, ensayos, control de calidad, acabado de materiales, equipos de obras necesarios, así como las obras de albañilería, electricidad, fontanería y de cualquier otra índole que sean necesarios.
- Todos los gastos que dé lugar el personal que directa o indirectamente intervenga en su ejecución y todos los gastos relativos a medios auxiliares,

ayudas, seguros, gastos generales, gravámenes fiscales o de otra clase e indemnizaciones o abonos por cualquier concepto, entendiéndose que la cantidad de obra quedará total y perfectamente terminada y con la calidad que se exige en el proyecto, y que, en todo caso tiene el carácter de mínima.

No se podrá reclamar, adicionalmente a una unidad de obra, otras en concepto de elementos o trabajos previos y/o complementarios, a menos que tales unidades figuren medidas en el presupuesto.

- Relaciones laborales

Por la Dirección Técnica de la Obra se formarán mensualmente las relaciones valoradas de los trabajos ejecutados, contados preferentemente “al origen”.

Descontado de la relación de cada mes el total de los meses anteriores, se obtendrá el volumen total de la obra ejecutada.

El Constructor podrá presenciar la toma de datos para extender dichas relaciones valoradas, disponiendo de un plazo de seis días naturales para formular las reclamaciones oportunas; transcurridos los cuales sin objeción alguna, se le reputará total y absolutamente conforme a ellas.

Para el cómputo de este plazo se tomará como fecha la de la medición valorada correspondiente.

Estas relaciones valoradas, por lo que a la Propiedad y Dirección Facultativa se refiere, sólo tendrán carácter provisional, no entrañando aceptación definitiva ni aprobación absoluta.

- Obras que tiene derecho a percibir el constructor

El constructor tiene derecho a percibir el importe a Precio de Presupuesto o Contradictorios, en su caso, en todas las unidades que realmente ejecute, sean inferiores iguales o superiores a las consignadas en el Proyecto salvo pacto en contrario siempre que respondan a éste o lo

hayan sido expresamente ordenadas por escrito por la Dirección Técnica, según ha estado establecido en el artículo correspondiente.

- Pago de las obras

El pago de las obras se verificará por la Propiedad contra la certificación aprobada, expedida por la Dirección Facultativa de ellas.

Los pagos dimanantes de liquidaciones tendrán el carácter de anticipos “a buena cuenta”, es decir, que son absolutamente independientes de la liquidación final y definitiva de las obra, quedando pues sujetas a rectificación, verificación o anulación si procedieran.

En ningún caso salvo en el de rescisión, cuando así convenga a la Propiedad, serán a tener en cuenta, a efectos de liquidación, los materiales acopiados a pie de obra y cualesquiera otros elementos que en ella estén interviniendo.

Serán de cuenta del Constructor cuantos gastos de todo orden se originen a la Administración, a la Dirección Técnica o a sus Delegados para la toma de datos y redacción de las mediciones u operaciones necesarias para abonar total o parcialmente las obras.

Terminadas las obras, se procederá a hacer la liquidación general que constará de las mediciones y valoraciones de todas las unidades que constituyen la totalidad de la obra.

6. PLIEGO DE CONDICIONES DE EQUIPOS Y MAQUINARIA

6.1 ÓRGANOS DE CIERRE Y REGULACIÓN DE CAUDAL EN TUBERÍAS Y CANALES

6.1.1 GENERALIDADES

Las válvulas y compuertas accionadas por servomotores eléctricos o neumáticos llevarán un equipo de accionamiento manual para apertura y cierre de las mismas.

Estarán dotadas de dispositivos limitadores y de seguridad. Si alguna válvula o compuerta gobernada automáticamente no llevará equipo de accionamiento manual, por causas justificadas y aprobadas por la Dirección de la Obra, el Contratista suministrará y montará dos unidades de aislamiento y una derivación dotada de una tercera para la totalidad del caudal. Todos los órganos de cierre y regulación llevarán señalización externa de su posición.

6.1.2 COMPUERTAS

El Contratista indicará en su oferta los materiales de engranaje, guías y husillos.

El acero del tablero será como mínimo del tipo A-410 según UNE-36080.

El espesor mínimo del tablero será de 5mm, los vástagos y los husillos tendrán el diámetro necesario para que en las condiciones más desfavorables de accionamiento, la flecha no exceda de 1/1000 de la longitud.

La estanqueidad, salvo indicación contraria, se realizará mediante bronce contra bronce.

6.1.3 VÁLVULAS

Las válvulas metálicas todo-nada podrán ser de compuerta o mariposa. El cuerpo de las válvulas metálicas será de acero fundido y los órganos de cierre y ejes de acero inoxidable.

6.2 BOMBAS Y SOPLANTES

6.2.1 BOMBAS

En las instalaciones de bombeo en que solo se requiera una sola bomba, existirá otra de reserva que entrara automáticamente en funcionamiento en caso de avería de la primera.

Si el servicio requiere varias bombas en paralelo, la reserva quedará limitada al 50% por exceso de las existentes y como mínimo alcanzará una unidad.

Las bombas cuyo caudal tenga que ser variable en función de alguna medida de control, conseguirán la verificación mediante cambios continuos de su velocidad. Serán preferibles los variadores de tipo estático (estáticos o dinámicos) a los mecánicos.

- Bombas centrifugas

Todas las bombas centrifugas se diseñaran de forma que el punto nominal de funcionamiento se correspondiente a un caudal un 10% superior al correspondiente en los cálculos, con la misma presión.

El ofertante incluirá la especificación técnica de cada bomba indicando fabricante, velocidad, número de etapas y curvas característica, incluyendo la curva de NPSH. Los materiales de los distintos elementos cumplirán las condiciones siguientes:

- Carcasa: Fundición nodular u otro material que proponga el licitador justificándolo debidamente.

- Eje: acero inoxidable.
- Rodetes: Bronce o acero inoxidable.
- Cierre: mecánico salvo en aquellos que trasieguen arenas o líquidos cargados con partículas abrasivas.

Las bombas serán montadas de tal forma que sus acoplamientos de entrada y salida del líquido impulsado no soporten tensiones producidas por las tuberías acopladas. Si una bomba requiere, como parte de su mantenimiento preventivo la limpieza e inspección periódica del interior de la cáscara, esta deberá poder hacerse sin recurrir al desmontaje del motor de accionamiento ni de la propia cáscara.

Todas las tuberías de impulsión dispondrán de conexiones con válvula auxiliar y racord de $\frac{3}{4}$ " para posibilitar la medida de la presión con manómetro.

Todas las bombas centrifugas se instalarán con la aspiración bajo la carga hidrostática adecuada a fin de evitar el descebado y las vibraciones. Se evitará asimismo y por ese motivo curvas cerradas y diseños complejos en la aspiración, que debe ser lo más simple y directa posible.

Cualquier bomba instalada dispondrá de las válvulas de aislamiento correspondientes además de las antirretorno que precise.

- Otro tipo de bombas

El ofertante incluirá en su oferta la especificación técnica de cada bomba indicando fabricante, materiales de las partes principales y cuantas características ayuden a definir completamente la maquinaria.

De aquellas piezas de la bomba (tubo elástico en las peristálticas, membrana o embolo en las alternativas) cuya duración normal asegurada por el fabricante debe ser un dato fundamental en el proceso de selección. Se indicará la duración garantizada. En general, se adoptarán para las bombas citadas los mismos criterios de instalación que para las bombas centrífugas.

6.2.2 SOPLANTES

El ofertante incluirá en la oferta la especificación técnica de cada máquina indicando el fabricante, materiales, sistemas de refrigeración y cuantas características ayuden a definirla completamente.

El nivel de ruido deberá ser lo más bajo posible, a la vez que se dispondrán los sistemas de filtrado de aire que aseguren un óptimo funcionamiento de las máquinas.

Las instalaciones y tuberías cuya temperatura sobrepase las temperaturas admitidas, se dispondrán de tal forma que eviten accidentes o quemaduras por contacto involuntario de los operarios.

Las maquinas instaladas comprimiendo gas contra una red común, dispondrán de las oportunas válvulas de aislamiento y antirretorno de la mejor calidad. Se asegurarán mediante soportes adecuados y elementos estáticos correspondientes que las máquinas no soporten tensiones ni transmitan vibraciones a las tuberías.

Se dispondrá para cada máquina la oportuna conexión para termómetro y manómetro, así como el manómetro fijo bien visible desde el exterior, indicador de la presión de la red principal.

En contratista expondrá cuidadosamente tanto en la memoria como en las especificaciones de la máquina y presupuestos, las características detalladas de los equipos, edificios y tuberías e instalaciones, que han sido objetos de los párrafos anteriores, procurando desglosar al máximo las partidas.

El organismo competente exigirá en cualquier caso al adjudicatario la instalación de los elementos auxiliares que aseguren el cumplimiento de las normas antes señaladas, dentro del precio del conjunto dentro de la instalación ofertada.

Cuando la utilización del fluido impulsado requiera condiciones que obliguen a su secado se especificará claramente si éste se efectuará mediante maquina frigorífica o de absorción.

6.3 TUBERÍAS

Los apoyos, soportes, cuñas y altura de apilado de verán ser tales que no se produzcan daños en las tuberías y sus revestimientos o deformaciones permanentes. Las tuberías y accesorios cuyas deformaciones pudieran verse directa o negativamente por la temperatura, insolación o heladas deberán almacenarse debidamente. El fondo de zanja deberá quedar perfilado de acuerdo con la pendiente de la tubería.

Durante la ejecución de los trabajos se cuidará que el fondo de la excavación no esponje o sufra hinchamiento y si ello no fuera posible, se recompactará con medios adecuados hasta la densidad original.

Si la capacidad portante del fondo es baja, que como tal se entenderá aquella cuya carga admisible sea inferior a 0.5 kg/cm^2 , deberá mejorarse el terreno mediante sustitución o modificación. La sustitución consistirá en la retirada del material indeseable y su sustitución por el material seleccionado tal como arena, grava o zahorra. La profundidad de sustitución será la adecuada para corregir la carga admisible hasta los 0.5 kg/cm^2 . El material de sustitución tendrá un diámetro máximo de partícula de 33mm.

La modificación o consolidación del terreno se efectuará mediante la adición de material seleccionado al suelo original y compactación. Se podrán emplear arenas, zahorras y otros materiales inertes con un tamaño máximo de 33mm y asimismo adiciones de cementos o productos químicos.

Asimismo se mantendrá el fondo de la excavación adecuadamente drenado y libre de agua para asegurar la instalación satisfactoria de la conducción y la compactación de las camas de apoyo.

La realización de la cama de apoyo tiene como misión asegurar una distribución uniforme de las presiones de contacto que no afecten a la integridad de la condición.

Para tuberías con protección exterior, el material de la cama de apoyo y la ejecución de esta deberá ser tal que evite el lavado y transporte del material constituyente de la cuna.

Si la tubería estuviese colocada en zonas de agua circulante deberá apoyarse de un sistema que evite el lavado y transporte del material constituyente de la cuna.

Los materiales granulares para asiento y protección de tuberías no contendrán más del 0.3% de sulfato, expresado como trióxido de azufre. Las dimensiones de las camas del material granular serán las indicadas en los planos.

Las conducciones podrán reforzarse con recubrimiento de hormigón si tuvieran que soportar cargas superiores a las de diseño de la propia tubería, evitar erosiones o desgastes o añadir peso para evitar su flotabilidad bajo nivel freático. Las características del hormigón y dimensiones de las secciones reforzadas vendrán indicadas en los planos.

Las tuberías, sus accesorios y material de juntas y cuando sean aplicables los revestimientos de protección interior y exterior, se inspeccionarán antes del descenso a la zanja para su instalación. Dicho descenso se realizará con equipos de elevación adecuados como cables, eslingas, balancines y elementos de suspensión que no puedan dañar a la conducción ni sus

revestimientos. Las partes de las tuberías correspondientes a las juntas se mantendrán juntas y protegidas.

El empuje para el enchufe coaxial de los diferentes tramos deberá ser controlado, pudiendo utilizarse gatos hidráulicos o mecánicos, palancas manuales y otros dispositivos, cuidando que durante la fase de empuje no se produzcan daños.

En las juntas soldadas, en alineación recta de los tubos, el solape o enchufe de las boquillas no será inferior a 50mm. En alineaciones curvas se podrá formar un ángulo en la junta que permita el enchufe normal de los tubos y como máximo que permita una correcta soldadura sin necesidad de añadir elementos suplementarios para el cierre de la junta. La soldadura se efectuara preferentemente por la parte interior, de forma que no quede ningún poro, para conseguir una perfecta estanqueidad.

Terminadas las soldaduras y comprobadas éstas se ejecutarán los manquitos exteriores e interiores enrasados estos últimos con el hormigón de los tubos. Previamente a la ejecución de los manguitos se pintarán los hormigones de los tubos y la chapa de las boquillas con productos adherentes y en el mortero de los manquitos se adicionarán productos expansivos.

Las juntas y conexiones de todo tipo deberán ser realizadas de forma adecuada y por personal experimentado.

Cada tubo deberá centrarse perfectamente con los tubos adyacentes, en el caso de zanjas con pendientes superiores al 10%, la tubería se colocará en sentido ascendente. En el caso de que, a juicio de la Administración, no sea posible colocar en sentido ascendente, se tomarán las precauciones previstas para evitar el deslizamiento de los tubos. Una vez montados los tubos y las piezas, se procederá a la sujeción y apoyo de los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación y en general todos aquellos elementos que estén sometidos a acciones que puedan originar desviaciones perjudiciales.

Estos apoyos o sujeciones serán de hormigón, establecidos sobre terrenos de resistencia suficiente y con el desarrollo para evitar que puedan ser movidos por los esfuerzos soportados. Para estas sujeciones y apoyos se prohíbe totalmente el empleo de cuñas de piedra o de madera que puedan desplazarse. Serán preceptivas las dos pruebas siguientes de las tuberías instaladas en zanjas:

6.3.1 PRUEBA DE PRESIÓN INTERIOR

A medida que avanza el montaje de la tubería se procederá a pruebas parciales de presión interna por tramos de longitud fijada por la Dirección de Obra.

Se empezará por rellenar lentamente de agua el tramo objeto de la prueba, dejando abiertos todos los elementos que puedan dar salida al aire, los cuales se irán cerrando después y sucesivamente de abajo arriba una vez que se haya comprobado que no existe aire en la conducción. A ser posible se dará entrada al agua por la parte baja, con lo cual se facilita la expulsión por la parte alta. Si esto no fuera posible, el llenado se hará más lentamente para evitar que quede aire en la tubería. En el punto más alto se colocará un grifo de purga para expulsión de aire y para comprobar que todo el interior del tramo se encuentra comunicado en la forma debida.

La bomba para la presión hidráulica puede ser manual o mecánica, pero en éste último caso deberá ser provisto de llaves de descarga o elementos adecuados para poder regular el aumento de presión. Se colocará en el punto más bajo de la tubería que se va a ensayar y estará provisto de dos manómetros, de los cuales uno de ellos será proporcionado por la Administración o previamente comprobado por la misma.

Los puntos extremos del tramo que se quiere comprobar se cerrarán convenientemente con piezas especiales que se apuntalarán para evitar el deslizamiento de las mismas o fugas de aguas y que deben ser fácilmente desmontables para continuar el montaje de la tubería. Se comprobará que las llaves intermedias en el tramo de prueba, de existir, se encuentren abiertas.

Los cambios de dirección, los accesorios... deberán estar anclados y fabricados con la resistencia debida.

La presión interior de prueba de las tuberías en zanjas será la que establezca la Normativa Técnica General para cada tipo de tubería. La presión se hará subir lentamente de forma que el incremento de la presión de la misma no supere 1kg/cm^2 por minuto.

Una vez obtenida la presión, se pasará 30 minutos y se considerará satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no acuse un descenso superior al establecido en cada caso. Si el descenso es superior al establecido se corregirán los defectos observados, repasando las juntas que pierdan agua, cambiando si es preciso algún tubo. La tubería, previamente a la prueba de presión se tendrá llena de agua al menos 24 horas.

6.3.2 PRUEBA DE ESTANQUEIDAD

Después de haberse completado satisfactoriamente la prueba de presión interior deberá realizarse la prueba de estanqueidad.

La presión se define como la cantidad de agua que debe suministrarse al tramo de tubería en prueba mediante un bombín tarado, de forma que se mantenga la forma de presión de estanqueidad después de haber llenado la tubería de agua y haberse expulsado el aire.

La duración de la prueba de estanqueidad será de 2 horas y la pérdida en este tiempo será inferior al valor dado por la fórmula:

$$V = K \cdot L \cdot D$$

En la cual:

V = Pérdida total en la prueba, en litros.

L = Longitud del tramo objeto de la prueba, en metros.

K = Coeficiente dependiente del material.

D = Diámetro interior, en metros.

De todas formas, cualesquiera que sean las pérdidas fijadas, si estas son sobrepasadas, el Contratista a sus expensas reparará todas las juntas y tubos defectuosos. Asimismo viene obligado a reparar cualquier pérdida de agua apreciable aun cuando el total sea inferior al admisible.

El contratista no cerrará las zanjas hasta que el Director de la Obra dé su conformidad, no solo con respecto a las pruebas sino también en cuanto a la forma y disposición de cada uno de los anclajes necesarios en la red.

En el relleno de las zanjas se procederá a la compactación y se colocarán piezas especiales en los puntos que sean necesarias. Todas las piezas especiales que sean de acero irán protegidas frente a la corrosión.

Los manguitos de tuberías metálicas que unen válvulas de mariposa dentro de las arquetas, tendrán el mismo tratamiento que estas piezas especiales.

6.3.3 PROTECCIÓN TUBERÍAS ESPECIALES

Para la protección anticorrosiva de las tuberías se tendrán en cuenta los factores y recomendaciones indicados en el Pliego de Condiciones Técnicas Generales del M.O.P.T. para tuberías de abastecimiento de aguas.

6.3.4 VENTOSAS DE TUBERÍAS

Serán de doble cuerpo y triple función. Se colocaran en los puntos más altos de la tubería, adosadas a las válvulas de corte, del lado en el que la tubería descienda.

6.3.5 CAUDALÍMETROS Y CONTADORES

Para el montaje de las instalaciones será preceptivo que cumplan las características que figuran en la ficha técnica. En los caudalímetros se cuenta incluida la instalación de un contador registrador y acumulador, alimentado por batería in-situ.

6.3.6 VÁLVULAS DE RETENCIÓN

Las válvulas de retención a instalar dispondrán de asiento blando y mecanismo de retardo (cierre lento). El cuerpo de las válvulas será de acero fundido y los órganos de cierre y ejes de acero inoxidable.

6.4 CONTROL DEL PROCESO

Se proyectará y se instalará una instrumentación de medida, protección y regulación adecuada para el funcionamiento correcto y seguro de las instalaciones. Esta instrumentación se colocará localmente en los diferentes equipos y remotamente en la sala de control. El trazado de los paneles de la sala de control y la disposición de los diversos instrumentos quedará sometido a la aprobación de la Administración. Todos los instrumentos serán de tipo robusto, con tapas a prueba de polvo y humedad.

6.4.1 SALA DE CONTROL

Esta se adicionará a la ya existente sala de control que controla el tratamiento primario y el secundario, y deberá prepararse para las siguientes funciones:

- Comprobación de la marcha normal de la instalación con la ayuda normal de los instrumentos, tales como caudalímetros, sensores de nivel...
- Señalización de las discrepancias con las condiciones normales de marcha por medio de señales acústicas y ópticas.

- Mando remoto de las válvulas de regulación por medio de dispositivos automáticos o manuales.
- Arranque y parada de todos los motores eléctricos excepto los que dependan de cuadros auxiliares.
- Señalización de la marcha de motores y alarmas de parada de dichos motores.

El panel de control contará con los instrumentos necesarios para el cumplimiento de sus funciones y en su parte superior llevará un diagrama sinóptico del proceso, en el que se indiquen la posición de todos de todos los instrumentos de medida... En los cuadros para alarma se dispondrá de un 10% de reserva. El panel estará construido en chapa de acero y su acceso por la parte superior estará cerrado mediante puerta con llave.

6.4.2 INSTRUMENTACIÓN

La instrumentación será suficiente para el control de todos los lazos de medida, regulación, registro y alarmas, con arreglo a los criterios siguientes:

6.4.3 LAZOS DE MEDIDA

- Parámetro a medir y lugar de medición.
- Elemento captador; si la indicación es local, en el panel local, remoto en cuadro de control o simultáneamente en cualquiera de las posibles combinaciones de posibilidades.
- Forma de transmisión de la señal y los elementos convertidores de la misma.
- Alarmas visuales y sonoras.

Si la medida debe registrarse

- Lo indicado en el primer apartado.
- Tipo de registro y situación del aparato registrado.

Si la medida debe ser integrada

- Lo indicado en el primer apartado.
- Tipo de integrador y situación.

Si la medida debe producir acciones en elementos de la instalación tendentes a corregir las desviaciones en los valores del parámetro detectadas por el lazo de medida.

- Lo indicado en el primer apartado.
- Tipo de regulador, situación y elemento o elementos de la instalación sobre la que actúa.

6.5 CONTROL DE INSTALACIONES Y EQUIPOS

6.5.1 TUBOS DE PLÁSTICO

- Materiales

Los ensayos a realizar sobre material empleado en los tubos de PVC orientado serán:

- Peso específico según UNE-EN-ISO 1183-1.
- Temperatura de reblandecimiento según ISO 2507-1.
- Índice de fluidez según UNE-EN-ISO 1183-1.
- Alargamiento a la rotura según ISO 6259-2.

A juicio del Director de Obras estos ensayos pueden sustituirse por los ensayos de calidad correspondientes por el fabricante.

- Ejecución

Se realizarán las pruebas previstas en el apartado 3.1 del Pliego de Tuberías del M.O.P.

6.5.2 JUNTAS DE CAUCHO NATURAL Y SINTÉTICO

Por cada lote de 200 unidades se realizarán los ensayos previstos en el apartado 2.29 del Pliego de Tuberías M.O.P.

6.5.3 REVESTIMIENTO DE TUBOS

El proyecto de construcción definirá los ensayos a realizar sobre los materiales empleados en el revestimiento de tubos, con arreglo a las características definidas en el apartado 2.32 del Pliego de Tuberías del M.O.P.

6.5.4 VÁLVULAS

- En taller

El Contratista deberá facilitar los certificados de calidad de los materiales empleados en la fabricación de los distintos órganos de las válvulas.

Se ensayarán un 10% de las unidades a instalar. Previa aprobación por la Dirección de Obra del Banco de Pruebas, se mantendrá cada válvula un minuto y medio a la presión nominal, tanto para el cuerpo de la válvula, como para el órgano de cierre.

- Montaje

Se realizarán controles para comprobar el correcto montaje según los planos de detalles aprobados y el correcto accionamiento del órgano de cierre.

6.5.5 MOTORES

- En taller

Los ensayos mínimos a realizar serán los siguientes:

- Ensayo de cortocircuitos.
- Ensayo de vacío.
- Ensayo de calentamiento.
- Rendimientos a 2/4; 3/4 y 4/4 de plena carga.
- Factor de potencia, en su caso, a 2/4; 3/4 y 4/4 de plena carga.
- Pérdidas globales.
- Par máximo.
- Par inicial.

- Montaje

Se realizarán los siguientes controles:

- Comprobación de anclajes a las bancadas de cimentación.
- Alineaciones.
- Acoplamientos.

- Pruebas de funcionamiento

Se realizarán los siguientes controles:

- Sentido de giro.
- Vibraciones.

- Calentamiento.
- Consumo.

6.5.6 BOMBAS

- En taller:

El Contratista deberá facilitar los certificados de calidad de los materiales empleados en la fabricación.

Los ensayos mínimos a efectuar serán los siguientes:

- Curva de altura-caudales.
- Para el punto de funcionamiento y altura manométrica nominales: caudal, revoluciones, potencia en el eje, rendimiento y temperatura.

- Montaje:

Se realizarán los siguientes controles:

- Alineaciones de aspiración e impulsión.
- Comprobación de anclaje a la bancada.
- Acoplamientos.
- Pruebas de funcionamiento:

Se realizarán los siguientes controles:

- Sentido de giro.
- Caudales.
- Revoluciones.

6.5.7 PRUEBAS Y ENSAYOS DE OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES

Las pruebas de ensayos e instalaciones de instalaciones y equipos no incluidos en este Pliego, serán las que se especifiquen en las Normas, Reglamentos e Instrucciones que les sean de aplicación.

6.6 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD

6.6.1 TUBERÍAS

Se realizarán preceptivamente las dos pruebas siguientes de las tuberías instaladas:

- Pruebas de presión interior.
- Prueba de estanqueidad.

Las pruebas se realizarán según se especifica en el capítulo 11 del Pliego de Construcciones Técnicas Generales para Tuberías de Abastecimiento de Agua del M.O.P.

6.6.2 OBRAS DE HORMIGÓN

Los tanques de hormigón se probarán hidráulicamente mediante llenado individual y se mantendrán un mínimo de 7 días. Las pérdidas admisibles no deberán superar el 3% del volumen del tanque por día.

6.6.3 CAUDALÍMETROS Y CONTADORES

- En taller:

El contratista deberá facilitar los certificados de calidad de los materiales empleados en la fabricación de los distintos órganos de estos equipos. Se ensayarán un 10% de las unidades a instalar.

- Montaje:

Se realizarán controles para comprobar el correcto montaje según los planos de detalle aprobados.

6.6.4 VÁLVULAS DE RETENCIÓN

- En taller:

El Contratista deberá facilitar los certificados de calidad de los materiales empleados en la fabricación de los distintos órganos de las válvulas de retención. Se ensayarán un 10% de las unidades a instalar. Previa aprobación de la Dirección de Obras del banco de pruebas, se mantendrá cada válvula de retención durante un minuto y medio a la presión nominal, tanto para el cuerpo de la válvula como para el órgano de cierre.

- Montaje:

Se realizarán controles para comprobar el correcto montaje según los planos de proyecto aprobados y el correcto accionamiento del órgano de cierre.

6.7 PRUEBA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO

La duración del periodo de prueba general de funcionamiento será, en principio, de siete días. La prueba consistirá en la comprobación de cotas de lámina de agua de la línea piezométrica y del correcto funcionamiento de todas las instalaciones y equipos de forma continuada.

ESTADO DE MEDICIONES

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

ÍNDICE DEL ESTADO DE MEDICIONES

1. ESTADO DE MEDICIONES	5
1.1 PARTIDA 1: EQUIPOS, DEPÓSITOS Y REACTIVOS.....	6
1.2 PARTIDA 2: CONDUCCIONES Y ACCESORIOS.	7
1.3 PARTIDA 3: ELEMENTOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	9
1.4 PARTIDA 4: OBRA CIVIL.....	9
1.5 PARTIDA 5: INSTALACIÓN ELECTRICA Y FONTANERÍA	10
1.6 PARTIDA 6: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	10
1.7 PARTIDA 7: GESTIÓN DE RESIDUOS DE OBRA	10
1.8 PARTIDA 8: INSTALACIÓN Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS	10

1. ESTADO DE MEDICIONES

El estado de mediciones supone en sí mismo el documento básico que servirá de pilar principal para la elaboración del presupuesto final de presente proyecto. Con su propia entidad existente, este documento determinará el número de desglose en partidas necesario para la elaboración del presupuesto con mayor facilidad y entendimiento.

Así, se determinarán tanto las partidas como las unidades que compondrán cada una de estas, lo que permitirá redactar el presupuesto con mayor orden.

En total, componen este proyecto un total de 9 partidas:

- Equipos
- Conducciones y accesorios
- Obra civil
- Elementos de instrumentación y control
- Instalación eléctrica y fontanería
- Seguridad y salud
- Gestión de residuos de obra
- Instalación y montaje de los equipos
- Licencias y permisos (no aparecen en el estado de mediciones puesto que es un porcentaje del presupuesto final)

1.1 PARTIDA 1: EQUIPOS, DEPÓSITOS Y REACTIVOS.

Tabla EM. 1: Equipos, depósitos y reactivos.

Elemento	Unidad	Cantidad
Bomba KBS. Modelo Sewatec D 200-315 n = 875 rpm Ø280. 60 Hz. P = 0,372 kW	Ud.	2
Bomba KBS. Modelo Sewatec D 200-315 n = 875 rpm Ø280. 60 Hz. P = 1,32 kW	Ud.	6
Bomba KBS. Modelo Sewatec K 300-400 n = 580 rpm. 50 Hz. P=0,99 kW	Ud.	4
Bombas lobulares BOYSER. Modelo LB-M/125. P = 7,5 kW	Ud.	4
Bombas GRUNDFOS. Modelo DME 150. P _{máx} = 4 bares.	Ud.	8
Bombas GRUNDFOS. Modelo DDC-AR 6. P _{máx} = 10 bar.	Ud.	2
Membranas UF SUEZ. Modelo ZeeWeed 500 C.MBR.	m ²	12.500
Depósito Schoeller Allibert. V=50 L	L	4
Tanque de permeado. AIQSA. V = 19 m ³	L	2
Deposito Schoeller Allibert para cloruro férrico. V=250 L	L	1
Difusores de burbuja fina 9". XYLEM.	Ud.	576
Soplantes KAYSER. Modelos DBS 200 L STC y HB 950 C.	Ud.	6
Parrillas difusores de burbuja fina 9" con 220 difusores/parrilla.	Ud.	2
Agitadores	Ud.	2
Microtamiz	Ud.	1
Ácido cítrico 50% (depósitos de 25 L)	Ud.	5
Hipoclorito de sodio 15% (depósitos de 25 L)	Ud.	4
Cloruro férrico 40% (depósitos de 25 L)	Ud.	409

1.2 PARTIDA 2: CONDUCCIONES Y ACCESORIOS.

Tabla EM. 2: Partida 2 - Conducciones.

Elemento	Unidad	Cantidad
Tubería PVC-0 para la conducción hacia la arqueta, DN = 315 mm, P = 12,5 bar	m	4
Tubería PVC-0 para la conducción desde la arqueta al MBR, DN = 200 mm, P = 12,5 bar	m	1,5 x 2
Tubería PVC-0 para la conducción de la recirculación interna, DN = 500 mm, P = 12,5 bar	m	34 x 2
Tubería PVC-0 para la conducción de la recirculación externa, DN = 400 mm, P = 12,5 bar	m	18 x 2
Tubería PVC-0 para la conducción del permeado, DN = 200 mm, P = 12,5 bar	m	20 x 2
Tubería PVC-0 para la conducción desde las membranas a la tubería colectora del permeado, DN = 90 mm, P = 12,5 bar	m	10 x 2
Tubería PVC-0 para la conducción del hipoclorito de sodio, DN = 90 mm, P = 12,5 bar	m	6 x 2
Tubería PVC-0 para la conducción del ácido cítrico, DN = 90 mm, P = 12,5 bar	m	7 x 2
Tubería PVC-0 para la conducción del cloruro férrico, DN = 90 mm, P = 12,5 bar	m	3 x 2

Tabla EM. 3: Partida 2 - Accidentes.

Elemento	Unidad	Cantidad
Válvula atajadera de PVC, DN = 315 mm	Ud.	2
Válvula atajadera de PVC, DN = 200 mm	Ud.	4
Válvula atajadera de PVC, DN = 500 mm	Ud.	4
Válvula atajadera de PVC, DN = 400 mm	Ud.	2
Válvula atajadera de PVC, DN = 90 mm	Ud.	6
Válvula de retención de PVC, DN=315 mm	Ud.	2
Válvula de retención de PVC, DN=200 mm	Ud.	2
Válvula de retención de PVC, DN=500 mm	Ud.	2
Válvula de retención de PVC, DN=400 mm	Ud.	2
Válvula de retención de PVC, DN=90 mm	Ud.	6
Codo STD 45° de PVC, DN=315 mm	Ud.	4
Codo STD 90° de PVC, DN=200 mm	Ud.	4
Codo STD 90° de PVC, DN=500 mm	Ud.	6
Codo STD 90° de PVC, DN=400 mm	Ud.	6
Codo STD 90° de PVC, DN=90 mm	Ud.	12
Codo STD 180° de PVC, DN=400 mm	Ud.	2
Te de PVC, DN=90 mm	Ud.	2
Te de PVC, DN=90-200 mm	Ud.	12
Te de PVC, DN=40-200 mm	Ud.	1
Te de PVC, DN=90-315 mm	Ud.	2
Te de PVC, DN=500 mm	Ud.	2

1.3 PARTIDA 3: ELEMENTOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

Tabla EM. 4: Partida 3.

Elemento	Unidad	Cantidad
Sensores de presión (manómetro)	Ud.	6
Sensores de caudal (caudalímetro)	Ud.	12
Sensores de temperatura	Ud.	6
Sensores de pH	Ud.	6
Sensores de nivel	Ud.	8
Sensores de oxígeno disuelto	Ud.	6

1.4 PARTIDA 4: OBRA CIVIL

Tabla EM. 5: Partida 4.

Elemento	Unidad	Cantidad
Desbroce del terreno	m ²	4400
Excavación, nivelación y carga la camión	m ³	10
Transporte al vertedero	m ³	1200
Reactor biológico de hormigón armado	m ³	475
Nave de soplantes	Ud.	1

1.5 PARTIDA 5: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y FONTANERÍA

Tabla EM. 6: Partida 5.

Elemento	Unidad	Cantidad
Instalación eléctrica y de alumbrado	m ²	100
Instalación de fontanería	m ²	100

1.6 PARTIDA 6: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Tabla EM. 7: Partida 6.

Elemento	Unidad	Cantidad
Seguridad y salud	%	2,5 *

* Porcentaje de obra civil

1.7 PARTIDA 7: GESTIÓN DE RESIDUOS DE OBRA

Tabla EM. 8: Partida 7.

Elemento	Unidad	Cantidad
Gestión de residuos de obra	%	3 *

* Porcentaje de obra civil.

1.8 PARTIDA 8: INSTALACIÓN Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS

Tabla EM. 9: Partida 8.

Elemento	Unidad	Cantidad
Instalación y montaje de equipos	%	15 *

* Porcentaje de los equipos.

PRESUPUESTO

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

ÍNDICE PRESUPUESTO

1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL (PEM)	5
1.1 PEM PARCIAL	5
1.1.1 PARTIDA 1.....	5
1.1.2 PARTIDA 2.....	7
1.1.3 PARTIDA 3.....	8
1.1.4 PARTIDA 4.....	9
1.1.5 PARTIDA 5.....	9
1.1.6 PARTIDA 6.....	10
1.1.7 PARTIDA 7.....	10
1.1.8 PARTIDA 8.....	10
1.1.9 PARTIDA 9.....	11
1.2 PEM	11
2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	12
2.1 PEC PARCIAL	12
2.2 PEC	12
3. PRESUPUESTO TOTAL	12
4. ANÁLISIS COMPARATIVO	13
4.1 COSTE ESTIMATIVO DE LA INVERSIÓN INICIAL DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO POR FANGOS ACTIVOS CONVENCIONAL	13
4.2 ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE OCUPADA POR LAS TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO SECUNDARIO	16

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL (PEM)

El presupuesto de ejecución de material (PEM), supone en sí, el presupuesto de construcción del proyecto.

El presupuesto del proyecto “*Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria*” estará compuesto por un total de 9 partidas presupuestarias.

1.1 PEM PARCIAL

El PEM parcial supone el desglose de todas las partidas presupuestarias que compondrán el PEM total.

1.1.1 PARTIDA 1

La partida 1 está formada por el cuadro de precios de los equipos.

Tabla P. 1: Partida 1 - parte 1.

Elementos	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	TOTAL (€)
Bomba KBS. Modelo Sewatec D 200-315 n = 875 rpm Ø280. 60 Hz.	Ud.	2	13.105,09 €	26.210,18 €
Bomba KBS. Modelo Sewatec D 200-315 n = 875 rpm Ø280. 60 Hz.	Ud.	6	13.105,09 €	78.630,54 €
Bomba KBS. Modelo Sewatec K 300-400	Ud.	4	21.115,77 €	84.463,08 €
Bombas lobulares BOYSER. Modelo LB-M/125. P = 7,5 kW	Ud.	4	6.294,16 €	25.176,64 €
Bombas GRUNDFOS. Modelo DME 150.	Ud.	8	2.436,80 €	19.494,40 €
Bombas GRUNDFOS. Modelo DDC-AR 6.	Ud.	2	859,60 €	1.719,20 €

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

Tabla P. 2: Partida 1 - parte 2.

Elementos	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	TOTAL (€)
Membranas ZeeWeed 500C.	m ²	12.500	74,92 €	936.460,61 €
Depósito Schoeller Allibert. V=50 L	L	4	74,15 €	296,6 €
Tanque permeado. AIQSA.V = 19 m ³	L	2	9.907,14 €	19.814,28 €
Depósito Schoeller Allibert. V=250 L	L	1	161,73 €	161,73 €
Difusores de burbuja fina 9". XYLEM.	Ud.	576	37,28 €	21.473,28 €
Soplante KAYSER. Modelo DBS 200 L STC	Ud.	4	3.473,76,00 €	13.895,04 €
Soplante KAYSER. Modelo HB 950 C.	Ud.	2	13.319,62 €	26.639,24 €
Parrillas	Ud.	2	12.200,00 €	24.400,00 €
Agitadores	Ud.	2	10.815,39 €	21.630,78 €
Microtamiz	Ud.	1	17.463,00 €	17.463,00 €
Ácido cítrico 50% (depósitos de 25 L)	Ud.	5	63 €	315,00 €
Hipoclorito de sodio 15% (depósitos de 25 L)	Ud.	4	78,31 €	313,24 €
Cloruro férrico 40% (depósitos de 25 L)	Ud.	409	29 €	11.861,00 €
TOTAL				1.330.417,84 €

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

1.1.2 PARTIDA 2

La partida 2 está formada por las conducciones, válvulas, codos, tés que forman parte de la línea de tratamiento secundario.

Tabla P. 3: Partida 2 - Conducciones.

Elementos	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	TOTAL (€)
Tubería PVC-0. DN = 90 mm, P = 12,5 bar	m	49	3,76 €	184,24 €
Tubería PVC-0. DN = 200 mm, P = 12,5 bar	m	23	11,49 €	274,27 €
Tubería PVC-0. DN = 315 mm, P = 12,5 bar	m	4	28,27 €	113,08 €
Tubería PVC-0. DN = 400 mm, P = 12,5 bar	m	36	45,47 €	1.636,92 €
Tubería PVC-0. DN = 500 mm, P = 12,5 bar	m	68	72,75 €	4.947,00 €
			TOTAL	7.145,51 €

Tabla P. 4: Partida 2 - Accidentes.

Elementos	Unidad	Cantidad	TOTAL (€)
Válvulas atajadera de PVC	Ud.	16	4.134,18 €
Válvulas de retención de PVC	Ud.	14	8.560,42 €
Codo STD 45° de PVC	Ud.	4	582,72 €
Codo STD 90° de PVC	Ud.	28	3.988,62 €
Codo STD 180° de PVC	Ud.	2	500,00 €
Tes de PVC	Ud.	19	731,77 €
TOTAL			26.561,37 €

1.1.3 PARTIDA 3

La partida 3 está formada por los elementos de instrumentación y control de la línea de tratamiento.

Tabla P. 5: Partida 3.

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	TOTAL (€)
Sensores de presión (manómetro)	Ud.	6	85,55 €	513,30 €
Sensores de caudal (caudalímetro)	Ud.	12	328,90 €	3.946,80 €
Sensores de temperatura	Ud.	6	74,50 €	447,00 €
Sensores de pH	Ud.	6	1,00 €	6,00 €
Sensor de nivel	Ud.	8	225,00 €	1.800,00 €
Sensor OD	Ud.	6	191,10 €	1.146,60 €
TOTAL				7.859,70 €

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

1.1.4 PARTIDA 4

En la partida 4 se refleja los gastos de obra civil requeridos, incluyendo los costes de construcción de los reactores y la nave que alberga los soplantes.

Tabla P. 6: Partida 4.

Elementos	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	TOTAL (€)
Desbroce del terreno	m ²	4400	1,7 €	7.480,00 €
Excavación, nivelación y carga al camión	m ³	10	4,75 €	47,50 €
Transporte al vertedero	m ³	1200	2,19 €	2.628,00 €
Reactor biológico de hormigón armado	m ³	475	100 €	47.500,00 €
Nave de soplantes	m ²	40	572,34 €	22.893,60 €
TOTAL				80.549,10 €

1.1.5 PARTIDA 5

La partida 5 está compuesta por la instalación eléctrica y fontanería.

Tabla P. 7: Partida 5.

Elementos	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	TOTAL (€)
Instalación eléctrica y de alumbrado	m ²	100	250,00 €	25.000,00 €
Instalación de fontanería	m ²	100	250,00 €	25.000,00 €
TOTAL				50.000,00 €

1.1.6 PARTIDA 6

La partida 6 hace referencia al presupuesto de Seguridad y Salud. Se considera un 2,5 % de la obra civil.

Tabla P. 8: Partida 6.

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	TOTAL (€)
Seguridad y salud	%	2,5	80.549,10 €	2.013,73 €
TOTAL				2.013,73 €

1.1.7 PARTIDA 7

La partida 7 hace referencia al presupuesto de Gestión de Residuos de obra. Se considera un 3% de la obra civil.

Tabla P. 9: Partida 7.

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	TOTAL (€)
Gestión de residuos de obra	%	3	80.549,10 €	2.416,47 €
TOTAL				2.416,47 €

1.1.8 PARTIDA 8

La partida 8 se refiere al coste de la instalación y montaje de los equipos. Se considera un 15% del coste de los equipos.

Tabla P. 10: Partida 8.

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	TOTAL (€)
Instalación y montaje de equipos	%	15	1.330.417,84 €	199.562,68 €
TOTAL				199.562,68 €

1.1.9 PARTIDA 9

La última partida está dedicada al coste de licencias y demás permisos. Se considera un 12% de las anteriores partidas.

Tabla P. 11: Partida 9.

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	TOTAL (€)
Licencias y permisos	%	12	1.705.990,00	204.718,80 €
TOTAL				204.718,80 €

1.2 PEM

En la Tabla P.12 se detalla el porcentaje del Presupuesto de Ejecución por contrata que ocupa cada partida, así como el PEM total, que es la suma de todas las presupuestarias.

Tabla P. 12: PEM.

Partida	Coste	Porcentaje
Partida 1: Equipos, depósitos, reactivos	1.330.417,84 €	69,63%
Partida 2: Conducciones y accesorios	33.170,48 €	1,74%
Partida 3: Elementos de instrumentación y control	7.859,70 €	0,41%
Partida 4: Obra civil	80.549,10 €	4,22%
Partida 5: Instalación eléctrica y fontanería	50.000,00 €	2,62%
Partida 6: Estudio de seguridad y salud	2.013,73 €	0,11%
Partida 7: Gestión de residuos de obra	2.416,47 €	0,13%
Partida 8: Instalación y montaje de los equipos	199.562,68 €	10,44%
Partida 9: Licencias y permisos	204.718,80 €	10,71%
TOTAL	1.910.708,80 €	

2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

2.1 PEC PARCIAL

El Presupuesto de Ejecución por Contrata parcial se halla teniendo en cuenta el PEM, los gastos generales (12%) y el beneficio industrial (6%).

Tabla P. 13: PEC parcial.

PEM	Presupuesto de Ejecución de material	1.910.708,80 €
GG	Gastos Generales (13% del PEM)	248.392,14 €
B° industrial	Beneficio industrial (6% del PEM)	114.642,53 €
	PEC parcial	2.273.743,47 €

2.2 PEC

El Presupuesto de Ejecución por Contrata es el PEC parcial más el 21% de IVA.

Tabla P. 14: PEC.

PEC parcial	2.273.743,47 €
21% IVA	477.486,13 €
PEC	2.751.229,60 €

3. PRESUPUESTO TOTAL

El presupuesto total (inversión inicial) del proyecto Diseño de un biorreactor de membranas para la ampliación de una EDAR asciende a: **2.751.229,60 €**

4. ANÁLISIS COMPARATIVO

Para efectuar un análisis comparativo de las distintas tecnologías de tratamiento secundario se tiene en cuenta algunos puntos principales a destacar, siendo el coste de inversión inicial y la superficie ocupada por los mismos. Para ello, se va a estimar ciertos datos, intentando que sean lo más reales posible.

4.1 COSTE ESTIMATIVO DE LA INVERSIÓN INICIAL DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO POR FANGOS ACTIVOS CONVENCIONAL

Dado que uno de los objetivos del proyecto es comparar los costes de inversión de las distintas tecnologías de tratamiento secundario, se procede a estimar el coste de inversión del tratamiento biológico de fangos activos convencional, ya que no se dispone de datos para efectuar tal comparativa.

En el caso del tratamiento biológico por aireación prolongada, se va a utilizar los datos proporcionados por el TFG de Claudia Chordá titulado “*Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR*”, ya que presenta algunas características similares al diseño propuesto en este proyecto.

Para estimar el coste de la inversión inicial del tratamiento biológico por fangos activos convencional, se hace uso del manual “*Depuración y desinfección de aguas residuales*” de Aurelio Hernández Muñoz, páginas 181 y 182.

De dicho manual se extraen las ecuaciones necesarias para estimar los costes de la inversión inicial de dicha tecnología usando datos de una depuradora real (EDAR de Peñíscola), con los cuales se hará una equivalencia a los datos de partida de nuestro diseño para poder hacer el análisis comparativo de costes de inversión.

En la tabla P.15 se detallan los datos de partida para la estimación de costes de inversión.

Tabla P. 15: Datos de partida.

Caudal medio de entrada a la planta (m ³ /d)	DBO ₅ de entrada a la planta (g/m ³)
20.000	260

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

A partir de los datos de la tabla anterior se calcula el número de habitantes equivalentes, teniendo en cuenta la definición de la misma, que según el artículo 2 de la *Directiva del Consejo (91/271 CEE) de Mayo 1991 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas*, se define como la carga orgánica biodegradable con una demanda de oxígeno de 5 días (DBO_5) de 60 g de oxígeno por día.

A partir de la definición se plantea la expresión P1.1, y se obtiene:

$$hab\ equivalente = \frac{DBO_5\ entrada \cdot Q_{entrada}}{60} \quad (P1.1)$$

$$hab\ equivalente = \frac{260 \cdot 20.000}{60} = 86667\ habitantes\ equivalentes$$

Donde:

$DBO_5\ entrada$: DBO_5 a la entrada de la planta, g/m^3

$Q_{entrada}$: Caudal de agua residual que entra a la EDAR, m^3/d

60: Cantidad de contaminación, expresada en DBO_5 , emitida por persona y día, $g\ DBO_5/d$

Conociendo el número de habitantes equivalentes de la EDAR de Peñíscola, se estima el coste de una depuradora completa y el correspondiente al tratamiento secundario. Para ello se usarán las expresiones P1.2 y P1.3, propuestas por el manual de depuración de Aurelio Hernández antes mencionado.

Para estimar el coste de inversión de una depuradora completa:

$$P = \frac{14.200}{167} \cdot e^{-0,0003 \cdot \frac{X}{1000}} \cdot X \quad (P1.2)$$

Para estimar el coste de inversión del tratamiento secundario:

$$S = \frac{3.800}{167} \cdot e^{-0,0007 \cdot \frac{X}{1000}} \cdot X \quad (P1.3)$$

Donde:

P: Coste de inversión de una depuradora completa, €

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

S: Coste de inversión del tratamiento secundario, €

X: Número de habitantes equivalentes

167: Equivalencia de pesetas a euros.

Sustituyendo la X por el número de habitantes equivalentes calculado anteriormente, se obtiene:

$$P = 7.180.156,94 \text{ €}$$

$$S = 1.855.981,27 \text{ €}$$

Dado que la estimación no incluye los gastos generales, el beneficio industrial y el IVA, se procede a incluir dichos costes en lo obtenido antes. Se considera los GG un 16% de P y S, el BI un 6% de P y S y el IVA del 21%. Teniendo esto en cuenta, se obtiene que la estimación de la inversión inicial de la planta completa y del tratamiento secundario es:

$$P = 10.599.347,67 \text{ €}$$

$$S = 2.739.799,55 \text{ €}$$

Con dichos datos se hará una equivalencia a los datos de la planta diseñada en este proyecto, tomando en consideración los datos reales de inversión de la EDAR de Peñíscola, cuyos costes de inversión de la planta completa y del tratamiento secundario (incluyendo GG, BI e IVA) son 10.739.226,88 € y 2.775.956,59 € respectivamente, y el coste de inversión estimado para la misma EDAR.

Como paso previo se estima el coste de inversión de la depuradora completa haciendo uso de las ecuaciones P1.1 y P1.2, teniendo en cuenta que el caudal a depurar es de 6.000 m³/d y la DBO₅ a la entrada al MBR es 361,7 g/ m³, se obtiene:

36.170 habitantes equivalentes

$$P = 3.042.340,74 \text{ €}$$

Aplicando los GG, BI e IVA al coste anterior, se obtiene que el coste de inversión estimado de mi planta completa es de 4.380.666,43 €. Haciendo una equivalencia del coste obtenido con los costes obtenidos en la depuradora real y el estimado para la misma depuradora, se obtiene que el coste de inversión de mi depuradora completa y del tratamiento secundario usando la tecnología de fangos activos convencional es:

Coste de la planta completa: 4.438.477,92 €

Coste del tratamiento secundario: 1.147.291,34 €

4.2 ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE OCUPADA POR LAS TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO SECUNDARIO

Para efectuar el análisis comparativo respecto a la superficie ocupada por las tecnologías de tratamiento secundario, se tendrá en cuenta la superficie ocupada por el reactor biológico, los decantadores primario o secundario, en caso de tenerlos, y la nave de soplantes.

Fangos activos convencionales

En el caso del tratamiento biológico por fangos activos convencionales se desconoce la superficie ocupada por dicha tecnología, razón por la cual se va a estimar dicho valor.

Para estimar el volumen del reactor biológico, se hace uso de la ecuación P1.4, obteniendo:

$$V_R = \frac{Q \cdot \theta_C \cdot Y(S_0 - S)}{X(1 + k_d \cdot \theta_C)} \quad (P1.4)$$
$$V_R = \frac{6000 \cdot 5 \cdot 0,6(361,7 - 25)}{2.500(1 + 0,06 \cdot 5)} = 1.864,8 \text{ m}^3$$

Donde:

Q: Caudal de entrada a la planta. Se considera un caudal de 6.000 m³/d, que es el que se depura en la planta diseñada.

θ_C : Edad del fango. Se considera 5 días.

Y: Coeficiente de crecimiento. Se considera 0,6.

S₀: DBO₅ del influente. Se considera el valor de 361,7 g/m³, que es el valor del diseño propuesto en este proyecto.

S: DBO₅ del efluente. Se considera el valor de 25 g/m³, que es el máximo valor permitido por la legislación.

X: Concentración de sólidos en suspensión en el licor mezcla. Se considera el valor de 2.500 g/m³, que es el que propone la bibliografía para este tipo de tratamiento biológico.

k_d : Coeficiente de mortandad. Se considera el valor de 0,06.

Diseño de un biorreactor de membranas para una EDAR de una población de 20.000 habitantes con una aportación de agua de la industria agroalimentaria

La superficie del reactor se averigua, dividiendo el volumen por la altura del reactor (se supone que es 6,2 m), obteniendo:

$$\text{Superficie de reactor biológico} = 1864,8/6,2 = 300,77 \text{ m}^2$$

Para estimar la superficie ocupada por los decantadores primario y secundario, se usarán las siguientes expresiones:

$$S = \frac{Q}{v} \quad (P1.5)$$

$$D = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} \quad (P1.6)$$

$$S_{real} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad (P1.7)$$

Donde:

S: Superficie teórica ocupada por el decantador, m²

Q: Caudal de agua a tratar, m³/d.

v: Velocidad ascensional, m/h

D: Diámetro del decantador, m

S_{real} : Superficie real ocupada por el decantador, m²

Se supone que hay dos decantadores por línea, tanto para el caso del decantador primario como el secundario.

Se considera para el cálculo:

- Caudal de entrada a los decantadores es $\frac{Q+Q_R}{2} = 225 \text{ m}^3/\text{h}$
- Caudal de recirculación es 200 m³/h
- Velocidad ascensional para el decantador primario es 1,5 m/h
- Velocidad ascensional para el decantador secundario es 0,8 m/h

Sustituyendo dichos valores en las expresiones P1.5, P1.6 y P1.7, se obtiene:

Decantador primario

$$S = \frac{225}{1,5} = 150 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{150 \cdot 4}{\pi}} = 13,82 \text{ m}$$

Dicho diámetro se aproxima a 14 m, y se calcula la superficie real del decantador.

$$S_{real} = \frac{\pi}{4} \cdot 14^2 = 153,94 \text{ m}^2$$

Dado que son dos decantadores primarios, se obtiene una superficie total de 307,88 m²

Decantador secundario

$$S = \frac{225}{0,8} = 281,25 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{281,25 \cdot 4}{\pi}} = 18,92 \text{ m}$$

Dicho diámetro se aproxima a 19 m, y se calcula la superficie real del decantador.

$$S_{real} = \frac{\pi}{4} \cdot 19^2 = 283,53 \text{ m}^2$$

Dado que son dos decantadores secundarios, se obtiene una superficie total de 567,06 m²

Finalmente, sabiendo la superficie ocupada por los decantadores, el reactor biológico y la nave de soplantes, ya se puede calcular la superficie total ocupada por el tratamiento de fangos activos convencional, obtenido como la suma de las superficies ocupadas por el reactor, los decantadores y la nave de soplantes (se supone que es la misma de este proyecto, 40 m²).

$$\text{Superficie total} = 300,77 + 567,06 + 40 = 1.215,71 \text{ m}^2$$

Aireación prolongada

En el caso del tratamiento biológico por aireación prolongada no se desconoce del todo la superficie ocupada por esta tecnología. Dichos datos se han extraído del TFG de Claudia Chordá, titulado “Diseño de un reactor de aireación prolongada para la ampliación de una EDAR”, ya que depuraba el mismo caudal de agua residual que en este proyecto.

Los datos extraídos son:

— Área del reactor biológico = $769,65 \text{ m}^2$

— Área de los decantadores secundarios = $830,95 \text{ m}^2$

El área de la nave de soplantes se supone que es el mismo que el de este proyecto, 40 m^2 .

Sumando las áreas del reactor biológico, de los decantadores secundarios y de la nave de soplantes, se obtiene que la superficie total ocupada por el tratamiento con aireación prolongada es:

$$\text{Superficie total} = 769,65 + 830,95 + 40 = 1.640,602 \text{ m}^2$$

MBR

— Superficie de los reactores biológicos = $399,23 \text{ m}^2$

— Superficie de la nave de soplantes = 40 m^2

La superficie total ocupada por el MBR es la suma de ambas superficies, obteniendo:

$$\text{Superficie total} = 399,23 + 40 = 439,23 \text{ m}^2$$

