

RESUMEN

En el presente proyecto se recogen propiedades y características de dos variantes de depuración de aguas residuales urbanas, y se intenta profundizar en los nuevos sistemas emergentes en la actualidad. Uno de ellos, muy extendido y de amplia aplicación, es el sistema de depuración biológica mediante línea convencional de reactor biológico y decantación. Y el segundo sistema comparado también consta de reactor biológico pero con la novedad actual de los sistemas de membranas de ultrafiltración, llamado MBR.

Esta comparación se ha creído conveniente aplicarla a una posible ampliación de una EDAR existente, ya que es una problemática muy frecuente y representativa de las depuradoras actuales, y debido a la escasez de agua se empiezan a plantear inversiones en aplicaciones de recuperación de aguas utilizadas.

Para conseguir una comparativa real y exhaustiva se realiza un proyecto base, con estudios de funcionalidad y resultados, comparativa económica y funcional, viabilidad de proyectos, estudios de impacto medioambientales, estudios de explotación y mantenimiento, cálculos de funcionalidad y planos de proceso.

El trabajo pretende facilitar la toma de decisión técnica en cuanto a las posibles utilizaciones de los nuevos sistemas de depuración mediante membranas de ultrafiltración (MBR).





SUMARIO

RESUMEN	1
SUMARIO	3
1 INTRODUCCIÓN	5
1.1 Objetivos del proyecto.....	5
1.2 Alcance del proyecto.....	5
2 DATOS BÁSICOS DE PARTIDA	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Datos de diseño y contaminaciones	8
2.3 Rendimientos solicitados	9
3 DESCRIPCIÓN INSTALACIONES EXISTENTES	11
3.1 Línea de tratamiento actual	12
3.1.1 Línea de agua.....	12
3.1.2 Línea de fangos	12
3.2 Descripción de la instalación actual.....	13
3.2.1 Línea de agua.....	13
3.2.2 Línea de fangos	18
4 DESCRIPCIÓN SOLUCIONES PROPUESTAS	23
4.1 <i>Solución A:</i> Reactor Biológico y decantador secundario.....	23
4.1.1 By-pass general y colector de llegada	23
4.1.2 Pozo de gruesos.....	23
4.1.3 Pozo de bombeo	24
4.1.4 Desbaste.....	24
4.1.5 Homogeneización.....	25
4.1.6 Reactor Biológico convencional.....	25
4.1.7 Decantador secundario	26
4.1.8 Recirculación y purga de fangos.....	27
4.1.9 Almacén de fangos.....	28
4.1.10 Acondicionamiento y deshidratación del fango	28
4.1.11 Instalaciones eléctricas	29
4.2 <i>Solución B:</i> MBR o Bioreactor de membranas	30



4.2.1	By-pass general y colector de llegada.....	30
4.2.2	Pozo de gruesos	30
4.2.3	Pozo de bombeo	30
4.2.4	Desbaste	31
4.2.5	Homogeneización	31
4.2.6	MBR.....	32
4.2.7	Almacén de fangos	33
4.2.8	Acondicionamiento y deshidratación del fango.....	34
4.2.9	Instalaciones eléctricas	34
5	CONCLUSIONES	35
6	PERSPECTIVAS DE FUTURO	41
7	AGRADECIMIENTOS	43
8	BIBLIOGRAFÍA	45
9	ANEXOS	47
	A MEMBRANAS (ULTRAFILTRACIÓN)	
	B CÁLCULOS	
	C ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	D EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO	
	E INFORME DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA	
	F DOCUMENTACIÓN DE INTERÉS	
	G PRESUPUESTO	
	H PLANOS	



1 Introducción

1.1 Objetivos del proyecto

El objetivo del presente proyecto es la presentación y conocimiento de los nuevos sistemas de ultrafiltración que están saliendo actualmente al mercado. Para profundizar en los funcionamientos y resultados de éste proceso de depuración, se ha querido aplicar dicho sistema a las necesidades actuales en algunas de las plantas depuradoras existentes actualmente, obteniendo así un sistema de referencia para la comparación, tanto a nivel de proceso como a nivel de amortización e inversión.

Por tanto los objetivos claros de este proyecto son la explicación de los MBR (Reactores Biológicos de Ultrafiltración) y la comparativa, con los reactores biológicos convencionales.

1.2 Alcance del proyecto

El alcance del proyecto se centra en el MBR para limitar la extensión del trabajo y realizar un estudio más específico. La comparativa a nivel de proceso, y por lo tanto a nivel de resultados en la calidad del efluente de salida. También, las necesidades del mercado actual nos obliga al estudio económico de esta alternativa, tanto a nivel de inversión como a nivel de mantenimiento y costes de explotación.





2 Datos básicos de partida

2.1 Antecedentes

Para la realización de este proyecto y obtener un ejemplo claro de aplicación actual, se cree conveniente ponerse en contacto con la “Agència Catalana de l'aigüa” para que se facilitara un listado de referencia de todas las EDAR de Cataluña y así poder realizar un proyecto lo más representativo posible. De dicho listado, que se adjunta en el anejo correspondiente, se obtuvo los datos básicos de partida para el estudio del presente proyecto.

Con los datos anteriormente comentados se forma una EDAR tipo lo más característica posible, a la cual, tal y como les sucede a muchas instalaciones actuales, se encuentra con una problemática muy común, que es la ampliación de su instalación debido al crecimiento demográfico de las localidades que abarca. En este caso la población equivalente inicial por la cual fue diseñada la EDAR ha sido ampliada un 50%, debido tanto a los periodos estivales, como a la población fija de los municipios. Por lo que la depuradora “se ha quedado pequeña” y necesita una ampliación de otra línea de tratamiento, debido a que los rendimientos de tratamiento y el vertido a cauce público no cumple con la legislación vigente.

Las necesidades tanto actuales como las previstas en un futuro a corto plazo se reflejan en la Tabla 2.1.1.

	Parámetros diseño inicial (año 1991)	Necesidades actuales (año 2005)	Necesidades Futuras (año 2015)
Hab. Equivalentes	14.250	21.375	28.500
Q_{diario} (m ³ /d)	2.850	4.275	5.700
Q_{medio} (m ³ /h)	119	178.12	237.5
Q_{punta} (m ³ /h)	285	427.5	570

Tabla.2.1.1 Necesidades actuales



De estos datos facilitados por el ayuntamiento, obtendremos los valores de cálculo para la ampliación de la EDAR existente.

2.2 Datos de diseño y contaminaciones

Debido a la experiencia en los estudios demográficos de las poblaciones que nos ocupan el ayuntamiento prevé un crecimiento, que viene regulado según la ecuación (Ec.2.2.1) de la siguiente manera:

$$P_2 = (1.02919)^N \cdot P_1 \quad (\text{Ec.2.2.1})$$

Donde: P_1 = Población año 2005

P_2 = Población año 2015

N = 10 (número años horizonte)

Por otra parte de acuerdo con el Artículo 2 de la Directiva del Consejo (91/271 CEE) de Mayo 1991 sobre el Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas, se entiende una dotación media por habitante equivalente de 200 l/hab-eq día y la carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de 5 días (DBO_5) de 60 gr de oxígeno por día.

De esta forma las cargas contaminantes y los datos de diseño considerados para el dimensionamiento de la ampliación de la EDAR se muestran en la Tabla 2.2.1 y se tomarán para el cálculo posterior y dimensionamiento de la EDAR.

Es necesario tener en cuenta para el dimensionamiento, que los caudales de diseño son en base a un cálculo aproximado y estipulado de consumo diario por habitante, y también es aconsejable dotar a la instalación de flexibilidad ya que los caudales nunca son constantes sino que varían.

<i>Parámetros diseño</i>		<i>Parámetros diseño</i>	
Hab. Equivalentes	28.500	SS(gr/hab día)	80
Q_{diario} (m^3/d)	5.700	SS(kg/día)	2.280
Q_{medio} (m^3/h)	237.5	NTK (gr/hab día)	12



Q_{punta} (m ³ /h)	570	NTK (kg/día)	342
DBO ₅ (gr/hab día)	60	DQO(gr/hab día)	120
DBO ₅ (kg/día)	1.710	DQO(kg/día)	3420

 Tabla.2.2.1 Parámetros de diseño

2.3 Rendimientos solicitados

Los rendimientos solicitados para el vertido de agua se basan en el Real Decreto 509/1996 de 15 de marzo, el cual incorpora el ordenamiento jurídico interno de los preceptos de la Directiva 91/271/CEE de 21 de mayo, y se detalla en la tabla 2.3.1.

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN
DQO	≤ 125 mg/l
DBO ₅	≤ 25 mg/l
S.S.	≤ 35 mg/l
pH	5,5-9,5
N _{total} *	15 mg/l
P _{total}	2 mg/l

 Tabla. 2.3.1 Rendimiento solicitados

* Nitrógeno total equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (N orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO).



Es importante destacar que en la tabla anterior se muestran los parámetros más importantes de limitación de vertido a cauce público. En caso de querer consultar otros valores, como metales, nutrientes compuestos químicos tóxicos o demás, se adjunta tabla normativa en el anejo correspondiente.

Las normas y procedimientos que afectan a los vertidos de aguas residuales a cauce público son cambiantes, pero parece ser que actualmente se sigue este Real Decreto como base, el cual tiene valores parecidos a la conocida tabla III del Reglamento guía del uso y los vertidos de aguas residuales elaborado por la “Junta de Sanejament” y del anejo al título IV del R.D 849/1986, BOE nº157 de 2-7-86.



3 Descripción instalaciones existentes

Debido a que se quiere reflejar una situación real lo más generalizada posible para el mayor campo aplicable, a continuación se describe una parcela imaginaria en la que ubicaremos una depuradora de aguas residuales urbanas más representativa de las que existen en la actualidad y con los problemas que se creen típicos de una instalación como la que nos ocupa, con los años y el mantenimiento esperado que han recibido.

En el caso escogido la estación de tratamiento se sitúa en una parcela de 4.487,2 m², de forma rectangular y bastante estirada, ya que la parte recta de la misma hace 142 m y el ancho tiene 31,6 m de longitud. Dicha parcela está ubicada de tal forma que su medianera enfoca el norte geográfico tal y como se indica en los planos adjuntados.

La comentada parcela se encuentra rodeada por campos de cultivo de propiedades particulares y en la parte sur por el camino de acceso tanto a la estación como a las tierras de arado.

El acceso a la EDAR se realiza por una puerta de doble hoja, a la cual se accede por un camino asfaltado por donde discurre subterráneo el colector de aguas negras de entrada.

Una vez se entra al recinto, a mano derecha queda el edificio de pretratamiento donde se encuentran el pozo de gruesos, el bombeo inicial y el tamizado de las aguas de llegada. Si se continua por el camino de acceso y pasando la arqueta de salida y el caudalímetro de entrada adosados al edificio anteriormente comentado, nos encontramos en la misma acera, con el recinto biológico, tipo "carrusel", el cual queda enfrente del parking para vehículos y del edificio de control y tratamiento de fangos. En la parte más alejada de la instalación está instalado el decantador secundario y la arqueta de sobrenadantes.

Toda la parcela queda urbanizada y por lo tanto los caminos interiores están asfaltados y los depósitos y zonas de trabajo están convenientemente dotados de acceso. Existe en toda la parcela un riego automático que abastece el césped y la jardinería en general dispuesta en la instalación de la EDAR.

El recinto queda vallado para protegerlo de personas ajenas a la instalación y evitar hurtos del material y mecánicas instaladas.

Para más aclaración observar el plano de planta de la EDAR existente en el anejo de planos.



3.1 Línea de tratamiento actual

La línea de servicio actual para el tratamiento de las aguas residuales de entrada a la planta es la que sigue en el siguiente esquema :

3.1.1 Línea de agua

- By-pass general
- Pozo de gruesos
- Bombeo inicial
- Tamizado
- Recinto biológico (con desnitrificación)
- Decantación secundaria

3.1.2 Línea de fangos

- Recirculación de fangos
- Purga de fangos
- Almacén de fangos
- Deshidratación de fangos



3.2 Descripción de la instalación actual

3.2.1 Línea de agua

3.2.1.1 Pretratamiento

3.2.1.1.1 By pass general

Para poder aislar la planta en caso de necesidad, la instalación posee un by-pass general en el pozo de gruesos, el cual entra en acción si se recibe una crecida inesperada del caudal de entrada, o en necesidad de parar la entrada de agua residual a la planta mediante la compuerta mural dispuesta en el mismo pozo

3.2.1.1.2 Pozo de gruesos

En el inicio de planta se dispone de un pozo ciego para la retención de arenas y gravas que puedan llegar a la depuradora en gran cantidad, arrastradas a lo largo del colector de entrada a la estación.

El recinto presenta un volumen suficiente para obtener el tiempo necesario de retención y garantizar que los elementos arrastrados no afecten a los equipos mecánicos de planta, básicamente la reja de desbaste y bombas de entrada.

En la parte superior del pozo de gruesos se encuentra una cuchara bivalva para extraer los sólidos hasta un contenedor. Ésta se desplaza a lo largo de un monorail mediante un polipasto de elevación colocado sobre un carro de traslación.

Dentro del pozo de gruesos y en la comunicación con el pozo de bombeo se instala una compuerta mural para el corte de suministro dentro de la EDAR.



Figura. 3.2.1.1.2.1 Pozo de gruesos



3.2.1.1.3 Pozo de Bombeo inicial

Por la necesidad de recuperar cota de terreno y para reducir los costes de obra civil de excavación en el momento de la instalación, se pensó y tomó la decisión de instalar un pozo de bombeo antes de llegar al tratamiento de tamizado, biológico y de decantación.

La elevación de agua sucia se resuelve con un pozo dotado con tres unidades de bombas sumergidas de las siguientes características:

- . Caudal: 142,5 m³/h
- . Altura manométrica: 12 m.c.a.

Cada bomba en su impulsión incluye: una válvula de aislamiento y otra de retención para conectarse después al colector de unión.



Figura.3.2.1.1.3.1 Pozo de Bombeo

Dos de las bombas sumergidas se disponen con variadores de frecuencia para tener la capacidad de regular el caudal de entrada al proceso biológico de la planta.

En condiciones normales funciona una sola bomba alternativamente, poniéndose en funcionamiento el resto en paralelo en los momentos de caudal punta. Una de ellas permanece en reserva.

A la entrada del pozo de bombeo encontramos una reja tipo cestón, para evitar la entrada de sólidos voluminosos que puedan dañar los equipos mecánicos de bombeo.



3.2.1.1.4 Tamizado



La siguiente operación unitaria que tiene lugar en la planta es un sistema de tamizado consiste en la instalación de dos tamices tipo estáticos autolimpiantes que separan los sólidos transportados por el agua de tamaño superior a 1,5 mm. La limpieza la efectúa de forma natural y los residuos caen en un tornillo que los traslada hacia el contenedor, que debe retirarse periódicamente.

Figura. 3.2.1.1.2.1 Tamiz Hidranet

Todas las instalaciones correspondientes al pretratamiento, se encuentran alojadas dentro de un edificio desodorizado para evitar la transmisión de olores, contando además con los accesos necesarios, para facilitar las labores de carga y descarga de los contenedores de residuos.

3.2.1.2 Tratamiento biológico

3.2.1.2.1 Recinto de aireación

El sistema de tratamiento biológico existente consiste en un tratamiento biológico de aireación prolongada, mediante tanque tipo carrusel para provocar la nitrificación y desnitrificación del sistema, dentro de la misma balsa, jugando con los tiempos de aireación y ausencia de oxígeno.

La solución de balsa combinada, se caracteriza por la independencia de los mecanismos de introducción de aire y creación de corriente.

Para crear un ambiente anóxico, las soplantes tienen un periodo de parada, en el cual se favorece la desnitrificación, alternándose las etapas anóxicas y óxica en el tratamiento del agua.

La creación de flujo y la no decantación en las etapas anóxicas del sistema, se realiza mediante la instalación de un agitador sumergido de baja velocidad y alto rendimiento, provocando al licor mezcla un movimiento giratorio por el canal de oxidación.



Las ventajas que presenta este sistema son: (1) la reducción del volumen de aire necesario para conseguir la nitrificación y la eliminación de la DBO5; (2) eliminación de fuentes de carbono suplementarias necesarias para la desnitrificación, y (3) eliminación de los clarificadores intermedios.

En estos procesos combinados, para conseguir la desnitrificación, se utiliza el carbono presente en el agua residual y el que queda en los fragmentos de tejido celular bacteriano después de la degradación endógena de los organismos.

El tanque propuesto tiene unas dimensiones útiles de 49,06 m de longitud, 13,06 de anchura y 4,50 de profundidad de agua, lo que nos permite disponer de un volumen total de 2898 m³, representando un tiempo de retención de más de 24 horas a caudal medio.

Las cargas de trabajo del proyecto resultante son de 0,29 Kg/m³/día, de carga volúmica y 4 Kg/m³ de concentración de sólidos.

El oxígeno necesario para cubrir las demandas, se transfiere con la inyección de aire en forma de burbujas ultrafinas cedidas por parrillas de membrana de fondo. Este aire se suministra mediante 3 grupos soplantes (1 de ellos de reserva) capaces de aportar 1090 m³/h a 5 m.c.a.



Figura. 3.2.1.2.1.1 Parrillas extraíbles

Un variador de frecuencia es el encargado de acomodar la cantidad de aire a introducir según la señal de la sonda de O₂ de la balsa de aireación.

3.2.1.2.2 Decantador



El líquido mezcla procedente del reactor biológico pasa al decantador que es una unidad de geometría circular de 20 m de diámetro, dotado de su correspondiente puente de rasquetas giratorio para la recogida de los fangos del fondo y sistema de extracción de espumas y flotantes en superficie.

En este decantador circular, el sistema de barrido va sujetado a una estructura que gira alrededor del eje del depósito. Este sistema es radial y el arrastre es periférico. Un grupo motorreductor, montado encima del puente, acciona una rueda motriz que se desplaza sobre el muro de coronación del decantador.

La rasqueta de barrido de superficie va fijada rígidamente a la pasarela giratoria, y las rasquetas de fondo, donde normalmente su fijación va articulada, son arrastradas por la misma pasarela.

El agua residual que proviene del reactor biológico entra por la campana central donde se tranquiliza y pasa a la zona de floculación del decantador, donde por sedimentación decantan las partículas, y el agua ya clarificada saldrá por las entallas del aliviadero perimetral.

Con el objetivo de garantizar la calidad del agua tratada, el dimensionamiento de esta unidad es muy generoso ya que la carga hidráulica de trabajo a caudal medio es inferior a 0,4 m³/h.m².

Los flotantes y espumas separadas son descargados en una arqueta lateral, que mediante una bomba sumergida son enviados al inicio de planta. Los fangos permanecen en la tolva central hasta su recirculación y purga del sistema.

Una vez el agua tratada se hace controlar el caudal mediante un caudalímetro de salida dispuesto entre las arquetas de riego y toma de muestras adyacentes al edificio de pretratamiento.





Figura.3.2.1.2.2.1 Decantador secundario

3.2.2 Línea de fangos

3.2.2.1 Recirculación de fangos

Para mantener la relación adecuada de microorganismos a degradar es necesario la recirculación de fangos hacia el recinto biológico.

La recirculación de fangos hacia el canal de oxidación se realiza mediante una unidad de bombeo constituida por 3 grupos motobomba horizontales, (1 de ellos de reserva) de 100 m³/h. de capacidad unitaria.

De esta forma es posible recircular hasta aproximadamente el 150% del caudal medio horario natural. Para compartir esfuerzos, el servicio será alternado.

3.2.2.2 Purga de fangos

La purga de fangos se lleva a término por el mismo grupo de bombeo de recirculación, el cual tiene una derivación en el colector hasta el depósito de almacén de fangos.

El control de la purga, se hace mediante un juego de 2 válvulas neumáticas las cuales se abrirán o cerrarán según recircule o purgue el fango.





Figura.3.2.2.2.1 Recirculación y purga de fangos.

3.2.2.3 Almacén de fangos

Los fangos biológicos en exceso que se producen son almacenados en un tanque previamente para su deshidratación.

El tanque previsto es de sección rectangular, tiene 3,10 m. de altura y una sección de 7,10 x 3,60 m., con 25 m² de superficie y un volumen total de 79 m³, que proporciona mas de 2 días de tiempo de retención al fango, suficiente para hacer frente a la producción prevista en fines de semana.

El tanque incorpora un agitador sumergido de hélice de tipo extraíble para asegurar la homogeneidad del fango y evitar la formación de depósito.

La extracción y bombeo del fango para su acondicionamiento y secado mecánico, se realiza mediante 2 grupos motobomba (uno de reserva) de tornillo helicoidal de caudal variable mecánicamente, que se ubica en el edificio de secado adyacente al tanque de almacenamiento.



3.2.2.4 Acondicionamiento y deshidratación del fango

El acondicionamiento químico permite la reducción de la humedad del fango y da lugar a una coagulación de los sólidos y la liberación del agua absorbida.

El acondicionamiento del fango se realiza mediante adición de una solución de polielectrolito.

Por eso, existe un sistema de preparación y dosificación consistente en un depósito, dotado de electroagitador, para preparación de la solución madre al 0,3%, dos bombas dosificadoras (una en reserva) del tipo de membrana de caudal variable y un conjunto de conducción del polielectrolito con rotámetro para controlar la adición de agua de disolución.

El conjunto de equipos descritos con anterioridad está instalado en el edificio de fangos.

La deshidratación por centrifugación se utiliza para la separación de líquidos de diferente densidad obteniendo así la deshidratación del fango.

La entrada de la materia a la centrifuga, viene conducida al interior del cilindro a través del tubo de alimentación. La fase sólida, más pesada, se precipita contra las paredes del cilindro, y la fase líquida forma un anillo de líquido concéntrico. Por unas toberas o salidas perfectamente dispuestas los líquidos son extraídos al exterior, y la fase sólida se arrastra por medio del espiral que gira en el mismo sentido del cilindro y es expulsado hasta el exterior por la parte contraria a la de los líquidos.

La torta de fango producida por la centrifuga descarga a un sin fin y ésta sobre contenedor de 5 m³ de capacidad situado al lado de la máquina.



Figura.3.2.2.4.1 Deshidratación de fangos.



3.2.2.5 Laboratorio

En el edificio de mando y control, se dispone una zona, con los elementos básicos necesarios, para poder hacer el seguimiento, mantenimiento y control de la planta.

Consta de un pequeño laboratorio dónde poder tomar muestras de los diferentes procesos con material apropiado y mediante equipos de laboratorio determinar los parámetros necesarios que posibilitan el control y óptima regulación de la planta depuradora de aguas residuales.





4 Descripción soluciones propuestas

Debido a la problemática comentada a lo largo de esta memoria se opta por el estudio y comparativa de dos soluciones para el aumento de caudal, o lo que es proporcional, de población en la estación de tratamiento de aguas residuales.

Como se ha observado según los valores y datos obtenidos, la planta necesita una ampliación, y ésta podría llevarse a cabo mediante **A)** la construcción de una segunda línea de tratamiento, mediante un segundo reactor biológico y decantador secundario o **B)** mediante una nueva tecnología llamada "MBR", reactor biológico de membranas o bioreactor de membranas. Seguidamente se explica los trabajos a realizar y el funcionamiento según la opción que se determine óptima para la solución del problema.

4.1 Solución A: Reactor Biológico y decantador secundario

En esta primera solución para el tratamiento completo de las aguas de llegada se tiene que dimensionar la instalación para que tenga la capacidad de tratar el total de caudal previsto para la población futura de 2015. Por lo tanto es necesario tratar un caudal medio total de 237,5 m³/h y un caudal punta de 570 m³/h. Para detallar al máximo los trabajos a realizar en la estación actual se describen las actuaciones a realizar por zona de tratamiento.

4.1.1 By-pass general y colector de llegada

Debido al sobredimensionamiento en los cálculos iniciales de la planta, ésta fue dotada de colectores de entrada y salida de igual tamaño, DN 500. Con este diámetro de tubería y un caudal futuro máximo de 570 m³/h se obtiene una velocidad del fluido en el caso más desfavorable de 0,8 m/h, que resulta una velocidad más que aconsejable y por tanto no es necesaria la ampliación de los colectores de entrada y by-pass de la planta.

4.1.2 Pozo de gruesos

El recinto para la decantación de los gruesos de llegada a planta, está dotado actualmente de un volumen de 20,44 m³ útiles, y esto provoca un tiempo de retención del fluido, a caudal medio, mayor de 5 minutos para fecha horizonte del 2015. Actualmente el operario de mantenimiento utiliza la bivalva una vez cada tres días, para extraer los residuos sólidos decantados en el recinto. Por lo tanto se cree que no es necesario la ampliación del pozo, ya que está comunicado con el pozo de bombeo el cual permite un margen de tiempo de retención óptimo y se estima que los valores futuros no colmatarán la utilización del pozo actual.



4.1.3 Pozo de bombeo

El pozo diseñado inicialmente para hacer llegar el líquido hasta los tamices de desbaste tiene un volumen útil de $13,32 \text{ m}^3$, lo cual nos aporta en el horizonte del año 2015 un tiempo de retención a caudal medio de 4,37 minutos. Esto provoca un tiempo de accionamiento de las bombas de entrada un poco largo y demasiadas arrancadas de los equipos. Pero se decide no realizar cambios en el volumen del recinto, debido a los costes elevados que provocaría, y en cambio se cree conveniente la instalación de una nueva bomba sumergida, para que en caso de llegada del caudal punta a la EDAR, ésta esté dotada para elevarlo hasta el tratamiento de tamizado.

Por lo tanto se dotará a la instalación de una nueva bomba de iguales características a las existentes, con capacidad para elevar $142,5 \text{ m}^3/\text{h}$ a 12 mca, y con la tubería de impulsión correspondiente, válvulas de compuerta y retención.

Debido a la instalación posterior será necesario el cambio de colector general, por un colector nuevo para que reparta el agua hasta el tratamiento de desbaste.



Figura.4.1.3.1 Pozo bombeo inicial.

4.1.4 Desbaste

El desbaste existente se realiza mediante tamices tipo Estáticos los cuales debido a su utilización, su vida natural y el poco mantenimiento recibido, están en un estado muy desmejorado. Además debido al vertido de llegada, con algo de grasas y aceites y las temperaturas bajas, se crea una capa de gelatina a lo largo de la malla que hace resbalar el agua y provoca desbordamientos a caudales altos de tratamiento.

Por esto se decide cambiar los tamices actuales por dos rototamices con capacidad para tratar $570 \text{ m}^3/\text{h}$ entre los dos y con limpieza automática mediante agua a presión y rasqueta de superficie. Con esto se evitarán los problemas actuales de tamizado.

Cada tamiz tiene una capacidad de tratamiento de $285 \text{ m}^3/\text{h}$ y una luz de paso de 1,5 mm. Los dos retirarán los residuos hasta un tornillo transportador-compactador a instalar teniendo en cuenta la capacidad de los dos rototamices, los cuales enviarán el compostaje hasta el contenedor existente en planta.



A la salida de cada tamiz se colocará un caudalímetro para poder tener lectura del agua de entrada a biológico y por tanto del agua total desbastada. La instalación actual del caudalímetro de medida quedará obsoleta y fuera de servicio.

Es necesario también la comunicación de estas tuberías con el tratamiento posterior.

4.1.5 Homogeneización

Después del bombeo inicial se opta por la instalación de un depósito de homogeneización previo al tratamiento biológico.

Debido que a diferentes horas del día se producen cambios de caudales y tipos de composiciones, o concentraciones de los mismos, se cree necesario la instalación de un depósito homogeneizador capaz de absorber dicha variación.

En este depósito se inyectará aire mediante soplantes y parrillas de aireación de similares características a las del recinto de aireación. Mediante esta aireación y con un agitador sumergido obtendremos la combinación necesaria para homogeneizar las aguas de entrada antes de enviarlas al recinto biológico.

El volumen útil adoptado para este recinto es de 2940 m³, por lo tanto se le dota de un tiempo de retención algo superior a 12 horas para el caudal medio de entrada a planta. Con este volumen de tratamiento se tiene suficiente para la homogeneización de las aguas y no se opta un tamaño mayor debido al espacio del que se dispone y para no encarecer en exceso la instalación.

Mediante la instalación de bombas sumergidas se irá dosificando la entrada de agua residual a uno u otro reactor y en la cantidad que deseemos. Por lo tanto con esta instalación se tendrá control absoluto del agua de entrada y se evitarán sustos de caudales o concentraciones que podrían dañar nuestro reactor biológico.

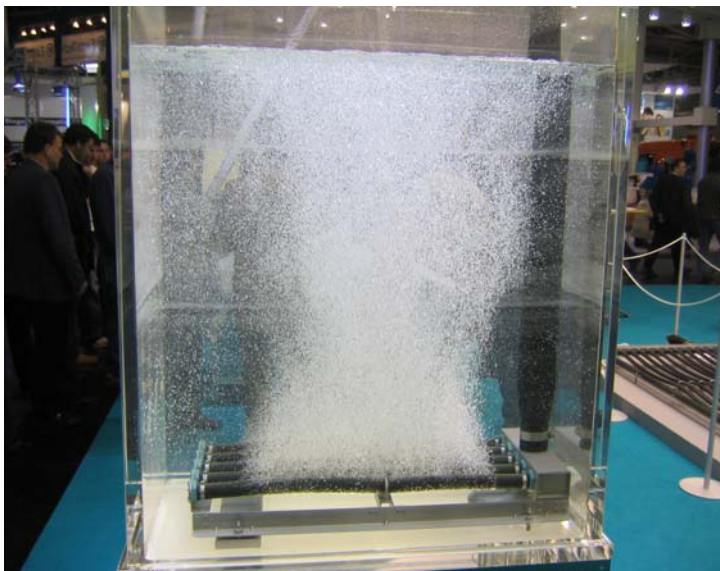
4.1.6 Reactor Biológico convencional

Para esta etapa, que es la más importante del concepto de depuración propiamente dicho, se dimensiona una segunda línea de tratamiento, es decir, un segundo carrusel o recinto biológico convencional para el tratamiento de las aguas duplicadas de la población que nos ocupa. Esta segunda línea de tratamiento es exactamente igual a la existente y por lo tanto la dotamos del mismo número de parrillas de aireación y los mismos equipos de soplantes para la inyección de aire dentro del recinto.

El control de aire dentro del recinto también será controlado por aparatos de medida que nos regularán la dosificación e inyección de aire dentro de las balsas en los tiempos de aireación.



Por lo tanto el tanque propuesto, igual que el existente, tiene unas dimensiones útiles de 49,06 m de longitud, 13,06 de anchura y 4,50 de profundidad de agua, lo que nos permite disponer de un volumen total de 2898 m³, representando un tiempo de retención de más de 24 horas a caudal medio.



reserva) capaces de aportar 1090 m³/h a 5 m.c.a.

Un variador de frecuencia es el encargado de acomodar la cantidad de aire a introducir según la señal de la sonda de O₂ de la balsa de aireación.

4.1.7 Decantador secundario

Este proceso de ampliación propuesto obliga a realizar la instalación de un segundo decantador secundario para la clarificación final del efluente.

Por lo tanto la unidad propuesta es de geometría circular de 20 m de diámetro, dotado de su correspondiente puente de rasquetas giratorio para la recogida de los fangos del fondo y sistema de extracción de espumas y flotantes en superficie.

El funcionamiento de este decantador circular es el mismo que el existente en planta, y por lo tanto el sistema de barrido va sujetado a una estructura que gira alrededor del eje del depósito. Este sistema es radial y el arrastre es periférico. Un grupo motorreductor, montado encima del puente, acciona una rueda motriz que se desplaza sobre el muro de coronación del decantador.

La rasqueta de barrido y las rasquetas de fondo, igual que el existente, son arrastradas por la misma pasarela.

Las cargas de trabajo del proyecto resultante son de 0,29 Kg/m³/día, de carga volúmica y 4 Kg/m³ de concentración de sólidos.

El oxígeno necesario para cubrir las demandas, se transfiere con la inyección de aire en forma de burbujas ultrafinas cedidas por parrillas de membrana de fondo. Este aire se suministra mediante 3 grupos soplantes (1 de ellos de

Figura.4.1.6.1 Parrillas de aireación.





Figura.4.1.7.1 E.D.A.R. de Camprodón.

El agua residual que proviene del nuevo reactor biológico entra por la campana central donde se tranquiliza y pasa a la zona de floculación del decantador, donde por sedimentación decantarán las partículas y el agua ya clarificada saldrá por las entallas del aliviadero perimetral.

Con esta instalación de decantación secundaria y la anterior del reactor biológico dotamos a la depuradora de una segunda línea totalmente independiente, para el tratamiento total del caudal previsto de entrada a planta.

4.1.8 Recirculación y purga de fangos

Debido a la segunda línea de tratamiento es necesario la ampliación de los equipos de recirculación y purga de fangos. Siguiendo con el dimensionamiento actual de la planta, que tan buenos resultados ha dado hasta ahora, se opta por instalar dos bombas horizontales de iguales características que las actuales.

Estos equipos de bombeo nuevos estarán conectados en su aspiración con el nuevo decantador secundario y en su impulsión hasta el nuevo recinto biológico proyectado.

Pero con la intención de poder darle mayor autonomía a la instalación se decide conectar las dos líneas de fangos mediante tubería y válvulas de corte y posibilitar así la extracción de



fango de cualquiera de las líneas y con cualquier equipo de bombeo hasta el recinto biológico que se decida.

4.1.9 Almacén de fangos

Tal y como detalla el plano de planta del almacén de fangos actual, éste queda situado entre los edificios de control y tratamiento de fangos. Debido a este enclavamiento se podría construir un nuevo almacén de fangos, pero debido al coste de construcción se opta por elevar el actual hasta la altura necesaria para conseguir un volumen capaz de almacenar el fango producido y hacer frente a las previsiones en el fin de semana.

Por lo tanto queda reflejado en este proyecto el recrecimiento de las paredes del almacén de fangos de 1,5 m, para dotar así del volumen necesario para el espesado del fango previo a su posterior deshidratación.

Debido a este recrecimiento, se deberá cambiar el acceso al recinto (escalera) y los pasamuros existentes en el recinto actual, por unos nuevos instalados por encima de la cota de agua del almacén de fangos.

La tubería de sobrenedantes se tiene que elevar hasta el nivel de agua necesario para extraer el clarificado del almacén.

Debido a que la instalación actual de extracción de fangos contempla una bomba de reserva, sólo será necesario la instalación de una tercera bomba de fangos para alimentar la nueva centrífuga y tendremos la instalación con dos bombas de alimentación y una de reserva (2+1).



4.1.10 Acondicionamiento y deshidratación del fango

La instalación actual de deshidratación de fangos está trabajando un promedio de 9 h para extraer el fango producido en la planta. Por lo tanto es conveniente la instalación de un



segundo equipo de deshidratación para el tratamiento del fango producido en la nueva línea de tratamiento.

El nuevo equipo a instalar será de iguales características que el actual y por lo tanto tendrá capacidad para tratar 6 m³/h de fango almacenado en el depósito.

La instalación pide una reforma de los equipos de dosificación, por lo que se sustituirá los equipos actuales por unos nuevos que abarquen la demanda de las dos centrífugas instaladas.

Para la extracción del fango deshidratado se instalarán tornillos que recojan en serie el fango producido por las dos máquinas y lo conduzca en la misma línea hasta el contenedor exterior de la planta, donde permanece hasta su posterior retirada.

4.1.11 Instalaciones eléctricas

Es necesario prever la conexión de los nuevos equipos a la red general de la planta y también dotarlos de sus correspondientes maniobra y señalización dentro del Scada actual y del sinóptico de la sala de control.

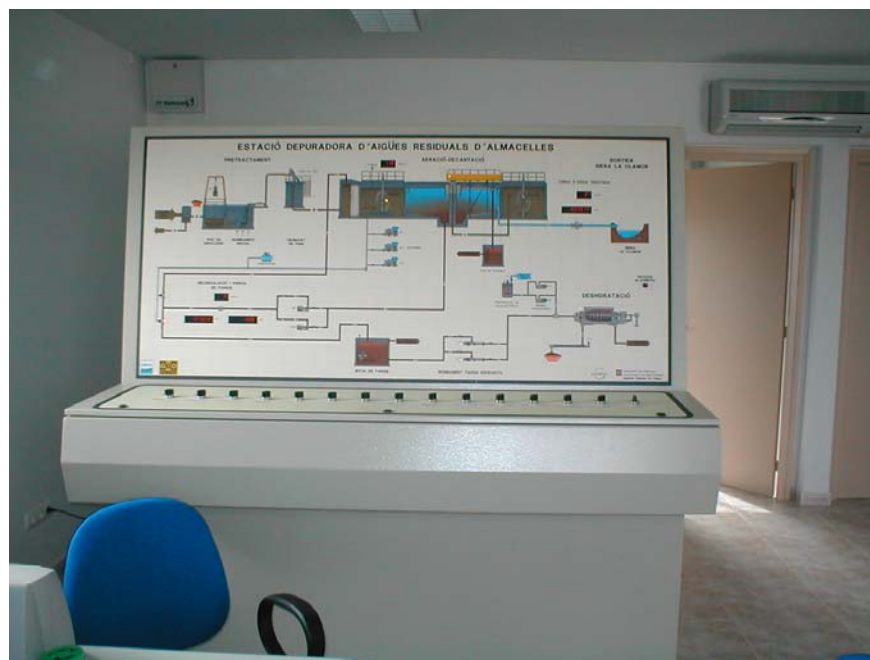


Figura.4.1.11.1 Sinóptico E.D.A.R. de Almacelles.



4.2 Solución B: MBR o Bioreactor de membranas

La solución B para la ampliación del tratamiento de las aguas de llegada propone dimensionar la instalación para que tenga la capacidad de tratar el total de caudal previsto para la población futura de 2015, igual que en la solución A. Por lo tanto es necesario tratar un caudal medio total de 237,5 m³/h y un caudal punta de 570 m³/h. Seguidamente se describen los trabajos a realizar por zona de tratamiento para facilitar la comparación con la solución A.

4.2.1 By-pass general y colector de llegada

Debido al sobredimensionamiento del colector tal y como se explica en la solución A, no es necesaria la ampliación de los colectores de entrada y by-pass de la planta.

4.2.2 Pozo de gruesos

Tal y como se explica en la primera solución no es necesaria la ampliación del pozo de gruesos, ya que se estima un tiempo de retención óptimo del agua residual dentro del recinto y por lo tanto no es obligada la actuación dentro de este punto de tratamiento.

4.2.3 Pozo de bombeo

Con los mismos criterios de la solución anterior se dotará a la instalación de una nueva bomba de iguales características a las existentes, con capacidad para elevar 142,5 m³/h a 12 mca, y con la tubería de impulsión correspondiente, válvulas de compuerta y retención.

Debido a la instalación posterior será necesario el cambio de colector general, por un colector nuevo para que reparta el agua hasta el tratamiento de desbaste.



Figura.4.2.3.1 Colector bombeo inicial.



4.2.4 Desbaste

En esta solución, igual que en la anterior, se decide cambiar los tamices actuales por dos rototamices con capacidad para tratar 570 m³/h entre los dos y con limpieza automática mediante agua a presión y rasqueta de superficie. Con esto evitaremos los problemas actuales de tamizado.

Las características de cada tamiz es igual a la solución A y las modificaciones en la medida de caudal son las mismas.

Por supuesto es necesario también la comunicación de estas tuberías con el tratamiento posterior, en este caso el depósito de homogeneización.



Figura.4.2.4.1 Tamices rotativos.

4.2.5 Homogeneización

Después del bombeo inicial se opta por la instalación de un depósito de homogeneización previo al MBR igual que en la solución anterior.

Debido a que a diferentes horas del día se producen cambios de caudales y tipos de composiciones, o concentraciones de los mismos, se cree necesario la instalación de un depósito homogeneizador capaz de absorber dicha variación.



En este depósito se inyectará aire mediante soplantes y parrillas de aireación de similares características a las del recinto de aireación. Mediante esta aireación y con un agitador sumergido obtendremos la combinación necesaria para homogeneizar las aguas de entrada antes de enviarlas al recinto biológico.

El volumen útil adoptado para este recinto es de 2940 m³, por lo tanto lo dotamos de un tiempo de retención algo superior a 12 horas para el caudal medio de entrada a planta. Con este volumen de tratamiento tenemos suficiente para la homogeneización de las aguas y no se opta un tamaño mayor debido al espacio del que se dispone y para no encarecer en exceso la instalación.

Mediante la instalación de bombas sumergidas se irá dosificando la entrada de agua residual al MBR y en la cantidad que se desee. Por lo tanto con esta instalación se tendrá control absoluto del agua de entrada y se evitará sustos de caudales o concentraciones que podrían dañar la mezcla dentro del MBR.

4.2.6 MBR

En esta solución se opta por la instalación de membranas de ultrafiltración para la depuración de las aguas residuales.

Este tipo de instalación consta de los módulos necesarios para el tratamiento del caudal actual y con la capacidad de ampliación para el caudal horizonte del año 2015.

El recinto actual biológico se utiliza tal y como estaba pensado para la creación de masa biológica del agua residual y como depósito de licor mezcla biológico que mediante unas bombas sumergidas se envía el agua hasta los recintos de las membranas de ultrafiltración donde se disponen los módulos de membranas.

El número de trenes de membranas a instalar es de 4 unidades, cada tren tiene unas dimensiones de 7,16 m x 3,05 m x 3,5 m de altura, la cual cosa nos provoca un volumen total útil de 233 m³.

En cada uno de estos 4 trenes se instalan 2 cassetes de membranas, aunque tienen capacidad para 3 cassetes en previsión de la ampliación futura. Y dentro de los cassetes situados en cada uno de estos trenes se instalan de 40 a 48 módulos de membranas.

El agua residual es enviada a los trenes de tratamiento situados en el edificio pertinente donde se podrá trabajar a una concentración de MLSS superior que en el biológico convencional. Esta concentración puede llegar a ser de 8 a 10 mg/l. Pero lo más importante es que con los MBR se combinan operaciones unitarias de biológico, decantador y filtración



en un solo proceso, por lo tanto se simplifican operaciones y se reduce el espacio requerido por las otras instalaciones.

El agua filtrada se extrae mediante dos conductos, uno que arranca de la parte superior del marco y otro de la parte inferior. Un tercer conducto sirve para suministrar aire a presión.

Las membranas son de fibra hueca, construidas mediante fibras poliméricas de polietileno o poliamida, lo que comporta una gran resistencia de las mismas. Su porosidad se encuentra entre la microfiltración y la ultrafiltración (200.000 daltons).

El agua es filtrada pasando a través de las paredes de la membrana a causa de una depresión inferior a 0,5 bar producida por unas bombas centrífugas.

El agua filtrada es extraída del sistema mientras que el fango y los compuestos de tamaño superior al poro de la membrana quedan retenidos y pasan mediante las bombas existentes de recirculación y purga al reactor biológico o al espesador de fangos según se desee, realizándose así la recirculación del sistema. Este ciclo se alterna con uno corto de contralavado en el cual se invierte el sentido del flujo de manera que se fuerza el paso del agua filtrada desde el interior de la membrana al exterior con el objetivo de limpiarla. La presión de trabajo es inferior a 1 bar.

En la parte inferior de las membranas se inyecta aire de forma turbulenta para imprimir un movimiento a las membranas que hace desprender los sólidos de su superficie. Al mismo tiempo el aire es utilizado por los microorganismos en sus reacciones de degradación de la materia orgánica.

4.2.7 Almacén de fangos

Por los mismos motivos de situación y económicos se opta por elevar el actual depósito de fangos hasta la altura necesaria para conseguir un volumen capaz de almacenar el fango producido y hacer frente a las previsiones en el fin de semana.



Figura.4.2.6.1 Cassete de cartuchos membrana.



Por lo tanto queda reflejado en este proyecto el recrecimiento de las paredes del almacén de fangos de 1,5 m, para dotar así del volumen necesario para el espesado del fango previo a su posterior deshidratación.

Debido a este recrecimiento, se deberá cambiar el acceso al recinto (escalera) y los pasamuros existentes en el recinto actual, por unos nuevos instalados por encima de la cota de agua del almacén de fangos.

La tubería de sobrenedantes se tiene que elevar hasta el nivel de agua necesario para extraer el clarificado del almacén.

Debido a que la instalación actual de extracción de fangos contempla una bomba de reserva, sólo será necesario la instalación de una tercera bomba de fangos para alimentar la nueva centrífuga y tendremos la instalación con dos bombas de alimentación y una de reserva (2+1).

4.2.8 Acondicionamiento y deshidratación del fango

La instalación actual de deshidratación de fangos como se ha explicado anteriormente está trabajando un promedio de 9 h para extraer el fango producido en la planta. Por lo tanto es conveniente la instalación de una segunda máquina de deshidratación de fangos.

Dotaremos a la instalación de dos máquinas iguales que tendrán capacidad de tratar unitariamente 6 m³/h de fango almacenado en el depósito.

La instalación pide una reforma de los equipos de dosificación, por lo que se sustituirá los equipos actuales por unos nuevos que abarquen la demanda de las dos centrífugas instaladas.

Para la extracción del fango deshidratados se instalarán tornillos que recojan en serie el fango producido por las dos máquinas y lo conduzca en la misma línea hasta el contenedor exterior de la planta, donde permanece hasta su posterior retirada.

4.2.9 Instalaciones eléctricas

En este caso la instalación eléctrica es necesario ampliarla para prever la automatización de toda la maquinaria nueva instalada, teniendo en cuenta además toda la instalación del nuevo proceso de las membranas de ultrafiltración así como las maniobras automáticas de limpieza y funcionamiento.



5 CONCLUSIONES

Las conclusiones resultado del estudio de este proyecto se presentan y enumeran siguiendo el orden del documento y sus anejos. Debido a la naturaleza comparativa del estudio se presentan tablas de datos más significativos de las dos variantes estudiadas.

Debido a que disponemos de datos realmente significativos y de una comparativa minuciosa de las dos vertientes de depuración, podemos establecer una valoración y conclusión absoluta de si un tipo de instalación es mejor que otra. Pero, es necesario siempre la precaución de valorar factores externos, que son imposibles de incluir en este proyecto, que podrían hacer cambiar nuestras conclusiones a la hora de escoger un sistema u otro. Estos factores externos son de índole económica, social, medioambiental, cultural, ..., de cada zona dónde se proyecte instalar una estación depuradora de este tipo.

A continuación se describe una serie de puntos comparados en el proyecto, los cuales nos permitirán decidir el tipo de instalación que optimiza nuestros objetivos:

① La cada vez más restrictiva legislación ambiental de la UE, está generando una necesidad creciente de sistemas capaces de eliminar porcentajes muy elevados de materia orgánica (DQO), nitrógeno y fósforo.

En este contexto, la tecnología de Bioreactores de Membrana (MBR) aparece como la tecnología disponible más adecuada. Se compone de dos partes integradas en una sola: por un lado, el reactor biológico responsable de la depuración biológica y por otro, la separación física de la biomasa y el agua, mediante un sistema de filtración directa con membranas.

La integración de los dos procesos en uno solo tiene además un efecto sinérgico derivado de la influencia que el paso por las membranas tiene sobre el estado fisiológico de la biomasa por un lado, y de la mayor capacidad del sistema para eliminar DQO coloidal que al no atravesar la membrana tiene un tiempo de contacto mucho mayor con la biomasa, por otro.

Pero la gran ventaja de los sistemas MBR se deriva de las elevadas concentraciones de biomasa con las que se trabaja en el reactor biológico gracias a la presencia de una barrera física (membrana) que no deja escapar las bacterias, lo que permite un control perfecto sobre la edad del fango y los parámetros principales de operación del sistema.

<i>PARÁMETROS</i>	<i>MBR</i>	<i>REACTOR BIOLÓGICO CONVENCIONAL</i>
DQO	≤ 50 mg/l	≤ 125 mg/l



DBO ₅	≤ 5 mg/l	≤ 25 mg/l
S.S.	≤ 5 mg/l	≤ 35 mg/l
pH	5,5-9,5	5,5-9,5
N _{total}	≤ 10 mg/l	≤ 15 mg/l
P _{total}	≤ 1 mg/l	≤ 2 mg/l
Turbidez	≤ 1 NTU	---

Tabla.5.1 Tabla comparativa calidad agua tratada

Como se refleja en la Tabla 5.1. el grado de depuración de los sistemas MBR es bastante elevado frente al reactor biológico convencional.

② Por otro lado, cada vez se dispone de menos espacio para la instalación de sistemas de depuración de aguas residuales debido al crecimiento urbano periférico en torno a los espacios urbanos e industriales existentes.

Por esto, el sector de tratamiento de aguas residuales está tendiendo cada vez más al desarrollo de tecnologías avanzadas con elevadas tasas de depuración, es decir, reducción del cociente superficie requerida / kgDQO eliminada.

Como se puede observar en la Tabla 5.2. se compara el grado de ocupación de cada uno de los sistemas de depuración.

	MBR	REACTOR BIOLÓGICO CONVENCIONAL
Superficie Parcela inicial	3.716,79 m ²	3.716,79 m ²
Superficie ampliación	2.336,00 m ²	4.028,49 m ²
Superficie total	6.972,00 m ²	7.745,28 m ²
Superficie tratamiento *	1.338,66 m ²	2.050,00 m ²

* Se refiere a la superficie específica que ocupa los elementos de cada tratamiento; en el caso del MBR, el edificio de MBR y en el caso del reactor biológico, el reactor, el decantador y las zonas de maquinaria específica de cada tratamiento.



Tabla.5.2 Tabla comparativa espacio ocupado

Claramente se puede observar una ocupación menor de los sistemas MBR frente a los biológicos convencionales, en el caso de instalaciones nuevas la diferencia en el espacio ocupado se amplía, ya que se diseña la instalación desde su inicio, tal y como están diseñadas las EDAR's actuales, ya previstas para su ampliación.

Podemos hablar por tanto de una disminución en la ocupación del suelo de un 30 a un 40 %.

③ Como se puede observar en el estudio pertinente, el impacto ambiental de la ampliación de una EDAR, se basa fundamentalmente en el periodo de obras. Ya que una vez realizada la ampliación, se consigue un tratamiento mayor del agua residual, por tanto un vertido a cauce público de mayor calidad y con un impacto menor en el entorno que nos rodea.

En el caso de los sistemas MBR, la calidad del agua depurada es mucho mejor, por tanto los impactos ambientales serán menores. Pero la gran ventaja de esta variante es la reutilización del agua y por tanto un equilibrio sostenible con el medio ambiente. En tal caso esta agua depurada mediante sistema MBR, se puede reutilizar para riego de jardines, campos de golf, agua de cisternas, etc.

Por lo tanto la opción B mejora el estado ecológico, de flora y fauna y se obtiene una sostenibilidad de uso de un bien escaso como es el agua.

④ También es necesario fijarse en el estudio de explotación y condicionalmente en el de viabilidad para poder llegar a conclusiones en esta comparativa. En la tabla 5.3 se reflejan los costes de explotación estimados para cada una de las opciones.

Se puede observar como los costes de explotación y de inversión de la opción MBR son mayores que la del reactor biológico convencional, debido sobretodo al mayor consumo energético y al coste de las membranas, por tanto éste es un aspecto negativo para el impacto medioambiental de dicho sistema. Aunque a causa de la reutilización de las aguas depuradas mediante tecnología MBR, se produce un valor añadido que amortiza la inversión en la mitad de años que el sistema convencional.

COSTES	MBR	REACTOR BIOLÓGICO CONVENCIONAL
Costes fijos	32.739,00 €	32.739,00 €



Costes variables por volumen	227.130,24 €	185.640,67 €
Costes variables no por volumen	6.480,00 €	6.480,00 €
TOTAL COSTE ANUAL	266.349,24 €	224.859,67 €
TOTAL COSTE POR m³ DE AGUA DEPURADA	0,12802 €	0,10808 €
COSTE INVERSIÓN	2.216.913,76	1.581.230,20

Tabla.5.3 Tabla comparativa costes de inversión

Como se cita en el proyecto el agua reutilizada no se paga actualmente por la administración pertinente, alternativamente se puede hablar en términos de ahorro, porque si se utilizara esta agua, se debería usar agua potable lo cual produciría un gasto ineludible, a parte de las tasas del canon del vertido.

Por tanto el gasto energético se suplanta con el beneficio tanto ambiental como económico de la reutilización de las aguas depuradas.

⑤ Un punto contrario al sistema MBR frente al convencional es la vida útil de las instalaciones. En el caso del proyecto, con membranas externas, el módulo de membranas es concebido como un equipo que se limpia y se regenera de forma que se realiza una operación intensiva (elevada presión transmembrana, régimen turbulento, elevado flujo de permeado), lo que conduce a una vida media de 10 años, según el tipo de membrana, el contexto y la utilización que se haga.

El sistema convencional tiene una vida útil más elevada y un coste de recambios operacionales mucho menor.

Aunque como se ha podido observar el tiempo de amortización del sistema MBR es menor que la vida útil y por tanto el sistema es sostenible.

En definitiva, a nivel técnico y económico las ventajas que ofrece un MBR frente a tecnologías más convencionales son claras: calidad del agua tratada (reutilización), menor producción de residuos, modularidad, espacio requerido, menor impacto ambiental, amortización, etc.



Para valorar su implantación es necesario como se realiza en este proyecto, desarrollar un balance técnico-económico completo y elegir la configuración más apropiada, que dependerá principalmente del caudal y la concentración del agua residual a tratar. De este modo, los costes de implantación y de operación resultan competitivos tanto en aguas industriales como urbanas.





6 PERSPECTIVAS DE FUTURO

Algunos de los inconvenientes más importantes en los sistemas MBR, como se ha detallado en las conclusiones, es principalmente la inversión y la vida útil de éstos equipos. En cuanto los costes en inversiones de este tipo se ajusten al mercado actual, con nuevas firmas y por tanto mayor competencia y a la vez mayores inversiones en I+D para mejorar esta tecnología, los sistemas MBR sufrirán una amplia extensión en las instalaciones actuales y de nueva creación.

La Feria de medioambiente más importante de Europa, la "IFAT" de 2005, realizada en Munich (Alemania), mostró mediante diferentes expositores, una clara tendencia hacia los sistemas MBR tanto para grandes poblaciones como para pequeñas instalaciones, debido a la reutilización del agua tratada y por tanto cumpliendo con el interés actual de energías renovables e instalaciones sostenibles.

También existen otras alternativas con nuevos tipos de membranas con poros mayores denominadas membranas de Microfiltración en formato membrana hueca y placas de lámina, algo más económicas y con menor consumo de energía y más vida útil, aunque garantizando menor calidad del efluente final.

Por tanto, la tecnología MBR frente al tratamiento biológico convencional, tendrá un explosión inmediata en las instalaciones de nuestro país tanto en forma de ultrafiltración como de microfiltración, debido a la problemática de un bien de consumo, como es el agua y a la reducción de impacto medioambiental llevado a cabo con este tipo de instalaciones.





7 AGRADECIMIENTOS

Se quiere agradecer en primer lugar la documentación facilitada por la “Agència Catalana de l'aigua” (ACA), y la atención recibida por los profesionales que se encargaron de las diversas consultas.

También se expresa el agradecimiento a las firmas productoras de membranas (Zenon, Kubota, Koch, mitsubishi, siemens, norit) por la información facilitada y las consultas y visitas realizadas a plantas de tratamiento.

Se agradece la colaboración desinteresada de la empresa DEPURNORD, S.A., por la formación facilitada y el trato a lo largo de la realización de este proyecto, recibido por todos y cada uno de los profesionales que la componen.

Un especial agradecimiento a la directora del proyecto M^a Ángeles Larrayoz Iriarte por el apoyo y la ayuda proporcionada durante la elaboración del estudio.

En último lugar, y no por ello menos importante agradezco el trabajo, el apoyo y la confianza de toda mi familia, en especial de mis hermanos que redactaron el proyecto, mis padres que realizaron las conclusiones y por supuesto a mi mujer y mi hijo que le han puesto los márgenes y espacios, que aunque merecen más, sin todos ellos no habría desarrollado este proyecto.





8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Mcgraw-Hill, Tratamiento del agua por proceso de membrana, CARTONE, S.A., 2005.
- [2] Lluís Sala y Xavier Millet, Aspectos básicos de la reutilización de las aguas residuales regeneradas para el riego de campos de golf, Consorsci de la Costa Brava, 1997.
- [3] Degrémont, Manual técnico del agua, GRAFO, S.A., 1979. Software ISTECH, HITRANS INGENIERIA.
- [4] Metcalf & Eddy, Ingeniería de aguas residuales (Tratamiento, vertido y reutilización), IMPRESA, 1998.
- [5] Aurelio Hernández Lehmann, Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales, COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS, 2001.
- [6] Eduardo Ronzano y José Luis Dapena, Tratamiento biológico de las aguas residuales, EDICIONES DIAZ SANTOS, S.A., 1995
- [7] Zenon, aplicaciones de membranas, funcionamiento, ZENON, 2005.
- [8] Andrés Aznar Carrasco, Técnica de aguas, problemática y tratamiento, EDITORIAL ALCION, 1992.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Rafael Mujeriego, Riego con agua residual municipal regenerada, manual práctico, RAFAEL MUJERIEGO, 1990.
- Karl Imhoff, Manual de saneamiento de poblaciones, EDITORIAL BLUME, 1969.
- Andrés Aznar Carrasco, Técnica de aguas, problemática y tratamiento, EDITORIAL ALCION, 1992.
- Mariano Seoanez Calvo, Aguas residuales urbanas, tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento, EDICIONES MUNDI-PRENSA, 1995.
- R.S.Ramalho, Tratamiento de aguas residuales, EDITORIAL REVERTÉ, S.A., 1991.
- Henze, Harremoës, la Cour Cansen Harbin, Wastewater treatment, SPRINGER, 1996.



- Ángel C. García Delafuente, Miquel Vives Vidal, Marta Mestres Marcè y Carme Morató Matas, Depuración de aguas residuales, ozone systems, ROMANYÀ/VALLS, S.A., 1995.
- Renato Vismara, Depurazione Biologica (Teoria e processi), ULRICO HOEPLI EDITORE S.p.A., 1998.

Las páginas principales de internet que se han consultado durante la fase de documentación del proyecto se indican a continuación. La última fecha de consulta ha sido Noviembre de 2006.

<http://www.flygt.es>

<http://www.kochmembrane.es>

<http://www.kubota.es/>

<http://mediambient.gencat.net/aca/ca/inici.jsp>

<http://www.lenntech.com/espanol/Micro-y-Ultra-Filtracion.htm>

<http://www.acsmedioambiente.com/equipos/ultrafiltracion.htm>

<http://www.atmsa.com/cas/tecnologias/bioreactores-membranas/presentacion-mbr/>

<http://www.fcca.es/Docs/MBRtipos.pdf>

<http://www.ema-amb.com/>

<http://www.mma.es/portal/secciones/?jsessionid=8E7D4597E2849140AF295BFB2B4C6578>



9 ANEJOS

ANEJO A MEMBRANAS (ULTRAFILTRACIÓN)

ANEJO B CÁLCULOS

ANEJO C ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ANEJO D EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

ANEJO E INFORME DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA

ANEJO F DOCUMENTACIÓN DE INTERÉS

ANEJO G PRESUPUESTO

ANEJO H PLANOS

