

Estación depuradora de aguas residuales de una industria láctea.

**Lara Gandarillas Prieto
Tamara Sánchez Moya
Raquel Serrano Viedma**

Director : Juan Antonio Sainz Sastre

Máster en Ingeniería y Gestión del Agua, Julio 2009

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. RECEPCIÓN Y GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.	6
ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES	6
CARACTERIZACION DEL VERTIDO	8
CAUDAL DE AGUA.....	11
TIPOS DE CONTAMINANTES EN EL AGUA.....	11
VERTIDO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CENTRAL LECHERA A LA RED DE ALCANTARILLADO MUNICIPAL.....	15
3. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE INDUSTRIAS LÁCTEAS	15
REJAS.....	16
ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RESIDUAL.....	19
TAMIZ.....	19
TANQUE DE REGULACION.....	21
COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN.....	23
FLOTACION.....	31
REACTOR BIOLÓGICO	36
DECANTADOR SECUNDARIO	47
TRATAMIENTO DE FANGOS	49
4. ANEXO I	54
5. ANEXO II	65
6. ANEXO III	75
7. ANEXO IV	88

1. INTRODUCCIÓN

OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo propuesto en el siguiente estudio recoge el diseño de la estación depuradora de aguas residuales de la central lechera con el fin de cumplir los límites de vertido establecidos por la legislación.

Además se propone la aplicación de tratamiento terciario para la regeneración del agua tratada y así poder ser reutilizada como riego de pastos para animales productores de leche en las proximidades de la planta. No existe la posibilidad de su uso en la planta industrial

LOCALIZACIÓN CENTRAL LECHERA

La central lechera objeto de este estudio se encuentra localizada en la Provincia de Cantabria, concretamente en Pomaluengo, perteneciente al municipio de Castañeda.

Dicho municipio perteneciente a la comarca del Pisueña, río que lo atraviesa de este a oeste para unirse con las aguas del río Pas en el límite occidental abarca una extensión de 19,5 km² y tiene una población que supera los 1.600 habitantes.



Figura 1: mapa de la Provincia de Cantabria.

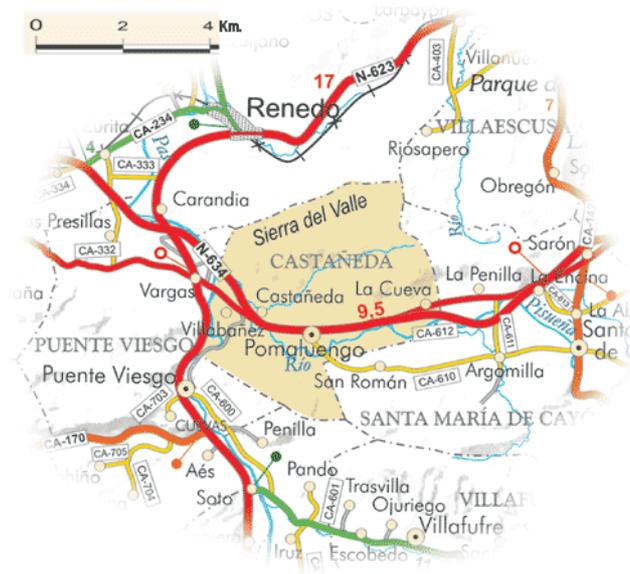


Fig.2: municipio de Castañeda.



Figura 3: Situación Río Pisueña.

El municipio de Castañeda comprende cuatro núcleos poblacionales: La Cueva, Pomaluengo, Socobio y Villabáñez.

La capital en la cual se sitúa esta central lechera está poblada aproximadamente por 643 habitantes (datos 2006) siendo el núcleo más concurrido del municipio.

Se ha escogido dicho emplazamiento por su actividad ganadera y por encontrarse situado junto al río Pisueña, principal afluente del río Pas, muy caudaloso si se tiene en cuenta la pequeña superficie que drena.



Figura 4: Imagen del municipio e Castañeda.

Tradicionalmente la actividad económica predominante ha sido la agropecuaria, teniendo más importancia el subsector ganadero. Sin embargo, en los últimos años ha ido perdiendo peso, siendo mayoritario el trabajo en las fábricas e industrias próximas, así como en la propia hostelería del lugar, que, por otro lado, ha contribuido a fomentar el turismo en la zona.

Los vertidos de carácter no doméstico a la red de saneamiento municipal pueden perjudicar el funcionamiento de la misma. Es por ello que se va a diseñar la propia estación depuradora de las aguas residuales de la central lechera con el fin de cumplir los límites de vertido establecidos por la legislación.

La industria láctea agrupa numerosas actividades que teniendo como materia prima principal la leche, se ocupan de transformarla en distintos productos: leches de consumo directo, conservada (concentrada o en polvo), fermentadas, mantequilla, nata y quesos. Cada central abarcará alguno de los procesos anteriores. No es habitual que en una misma fábrica se cubran todos los posibles procesos; en la central lechera de este estudio se llevará a cabo la producción exclusiva de leche de consumo directo.

Esta gran variedad hace que el estudio general de las aguas residuales producidas en este tipo de industria difiera de unos procesos productivos a otros, y dependerá además del volumen de la industria, de los equipos empleados etc. Además en una instalación la producción no es constante a lo largo de todo el año y por tanto tampoco su efluente racional.

Se va a realizar el diseño de la estación depuradora de aguas residuales de la planta y para ello lo vamos a dividir en tres partes: recepción de la leche y generación de las aguas residuales, tratamiento del agua residual generada en el proceso y realización de un tratamiento terciario para la posible reutilización del agua tratada para riego de pastos cercanos a la central.



2. RECEPCIÓN Y GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

Normalmente la leche llega hasta la planta de tratamiento en camiones cisterna. Estos tanques son de acero inoxidable, aluminio o en algunos casos pueden ser incluso de plástico. La capacidad de los mismos es también muy variable.

Es habitual que a la llegada de la leche a la planta se tomen muestras para realizar los correspondientes análisis de calidad y determinación del contenido graso y proteico de la leche. En ocasiones el precio de la leche varía según su composición.

Tras la recepción, la leche se suele almacenar en condiciones refrigeradas hasta su entrada en línea. Se realiza también la limpieza de los camiones o tanques de recogida de la leche antes de realizar el siguiente transporte.

En esta etapa se producen pérdidas de leche debido a las operaciones de vaciado y llenado de los depósitos, las cuales son el origen principal de la contaminación del agua residual. El volumen de pérdidas en una central de elaboración y envasado de leche como es el caso puede oscilar entre el 0,3 y el 1,3% del producto procesado.

Hay que señalar que durante esta etapa puede detectarse además leche que no cumpla con los requisitos de calidad requeridos por lo que puede dar lugar a un rechazo de la leche recibida.

ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

Los principales aspectos medioambientales de la industria láctea tienen que ver con un elevado consumo de agua y energía, la generación de aguas residuales con alto contenido orgánico y la producción y gestión de residuos. De menor importancia son las emisiones de gases y partículas a la atmósfera y el ruido.

Es importante destacar que la cuantificación de estos aspectos puede variar entre unas instalaciones y otras en función de factores como el tamaño y antigüedad de la instalación, equipos, manejo, planes de limpieza, sensibilización de los empleados, etc.

- **Consumo de agua**

Como en la mayoría de las empresas del sector agroalimentario, las industrias lácteas consumen diariamente grandes cantidades de agua en sus procesos y, especialmente, para mantener las condiciones higiénicas y sanitarias requeridas.

El agua de consumo empleada en una central lechera puede clasificarse en varios tipos, según su uso:

- Agua industrial entre la que se encuentra la empleada en la limpieza y aclarado de los equipos e instalaciones.
- Agua de refrigeración.
- Agua de empuje.
- Agua de servicios de la central, de uso y características similares a la urbana.

Dependiendo del tipo de instalación, el sistema de limpieza y manejo del mismo la cantidad total de agua consumida en el proceso puede llegar a superar varias veces el volumen de leche tratada.

Este consumo suele encontrarse entre 1,3-3,2 L de agua/kg de leche recibida, pudiéndose alcanzar valores tan elevados como 10 L de agua/kg de leche recibida. Sin embargo, es posible optimizar este consumo hasta valores de 0,8-1,0 L de agua/kg leche recibida utilizando equipamientos avanzados y un manejo adecuado (UNEP, 2000).

El mayor consumo de agua se produce en las operaciones auxiliares, particularmente en la limpieza y desinfección, donde se consume entre el 25-40% del total.

La cantidad de agua necesaria para el tratamiento de un litro de leche varía entre 1-10L. Puede ser menor de un litro en actividades muy automatizadas donde se trabaja en continuo.

Tabla 1: Cantidad media de agua empleada en una industria láctea.

Tipo	Volumen total L/L leche	Agua industrial L/L leche
Leches en polvo	7-9	2-5
Mantequería y leche en polvo	7-9	2,1-2,5
Mantequería	2-4	1-3
Quesería	3-10	2-4
Leches de consumo y fábricas polivalentes	7-9	2,5-6
Aguas de servicio	330 L/persona/día	

Se estima que las fluctuaciones estacionales del volumen de leche tratada pueden llegar, generalmente, al 30 por 100 del valor medio produciéndose al máximo en verano y el mínimo alrededor del mes de diciembre. La variación en la cantidad de los vertidos será por tanto del mismo orden.

En las centrales de tratamiento y envasado de leche los flujos suelen producirse de manera intermitente a lo largo de la jornada de trabajo, sobre todo al final de las operaciones de tratamiento, en el momento del lavado de máquinas, tuberías, recipientes, etc.

El caudal de vertido dependerá de la operación que se esté realizando en cada momento y de la gestión de los efluentes que se realice en la central. Los caudales efluentes varían en un rango de 1 a 6 L por litro de leche procesada, y tiende a disminuir con el desarrollo de las instalaciones automatizadas.

- **Aguas residuales**

El problema medioambiental más importante de la industria láctea es la generación de aguas residuales, tanto por su volumen como por la carga contaminante asociada (fundamentalmente orgánica). En cuanto al volumen de aguas residuales generado por una empresa láctea se pueden encontrar valores que oscilan entre 2 y 6 L/L leche procesada.

CARACTERIZACION DEL VERTIDO

Contaminación industria láctea

Las industrias lácteas suponen una fuente de contaminación considerable debido a que sus efluentes suelen ser ricos en materias carbonosas, nitrogenadas (proteínas) y fundamentalmente lactosa que influye decisivamente en el aumento de la DBO.

Los procesos industriales a los que se ve sometida la leche son los que van a determinar los residuos y los efluentes.

En el caso de que se produzca un tratamiento térmico de la leche natural, como procesos de pasteurización o estabilización, la leche es sometida a temperaturas variables según el tiempo de tratamiento. La leche no tiene contactos con otros productos, salvo aditivos estabilizadores para leche de larga duración.

La composición de un litro de leche de vaca es la siguiente:

1. Constituyentes energéticos
 - Agua 900-910 g
 - Extracto seco: 125-130 g
 - o Grasa: 35-45 g
 - o Extracto seco magro: 90-95 g
 - Lactosa:47-52gr
 - Sustancias nitrogenadas: 33-36 g
 - Sales:9-9,5g
2. Biocatalizadores: enzimas, vitaminas...
3. Gases disueltos: 4-5% del volumen de leche a la salida de la mama, gas carbónico, oxígeno, nitrógeno...

Efluentes

El proceso de elaboración y sistema de limpieza, mantenimiento y conservación de la maquinaria y preparación del personal son aspectos determinantes en la composición de las aguas residuales.

A estos residuos hay que añadir los restos de antisépticos y desinfectantes utilizados para la limpieza de las conducciones de leche (hipoclorito, ácido nítrico, sosa...)

Por tanto las aguas residuales generadas en una empresa láctea se pueden clasificar en función de dos focos de generación: procesos, limpieza, y refrigeración.

- **Composición**

Las aguas residuales de las industrias lecheras están constituidas por:

- Diferentes diluciones de leche cruda, leche tratada, mantequilla y sueros procedentes de derrames, fugas o goteos provocados por un diseño inadecuado o el mal funcionamiento del proceso.
- Restos de lavados que contienen productos químicos como sosa caustica, desinfectantes, aditivos, detergentes, ácido nítrico, etc.
Cada tonelada de leche elaborada requiere entre 1-4 kg de agentes de limpieza.

La contaminación generada en la fábrica podría estimarse conociendo el volumen de agua empleado en la limpieza de las instalaciones, las pérdidas producidas y la composición y cantidad de agentes limpiadores empleados.

La composición cualitativa en ausencia de agentes de limpieza se caracteriza por un alto contenido en grasas, lactosa y proteínas. Entre sus componentes podrán encontrarse además bacterias termófilas y termoturaderas que hayan quedado sobre las placas de los cambiadores de calor y otros aparatos que retienen las pérdidas de leche mientras no se limpian.

El origen principal de la contaminación es debido a las pérdidas de producto en las diferentes etapas del proceso. El volumen de pérdidas en una central de elaboración y envasado de leche pasteurizada como es el caso de este estudio puede oscilar entre el 0,3 y el 1,3% del producto procesado.

El procedimiento más extendido para la limpieza y desinfección de las instalaciones sobre todo en los aparatos pasteurizadores, es el siguiente:

- Enjuague por circulación de agua fría.
- Inyección durante 25-30 min de una disolución detergente (generalmente sosa caustica al 1-3%) hirviendo (para lavar vidrio).
- Enjuague.
- Inyección durante 15 minutos de una solución de ácido nítrico o fosfórico en condiciones de 5 g/L a 60-70°C (para lavar acero inoxidable).
- Enjuague.

Las diferencias de pH a que se someten los microorganismos garantizan su destrucción. El pH de las aguas residuales, generalmente básico, depende de los agentes de limpieza empleados. Suele ser alto (alrededor de 9), por el uso frecuente de soluciones alcalinas, pero tiende a acidificarse por la fermentación de la lactosa a ácido láctico.

La lactosa de la leche puede pasar a ácido láctico cuando los cursos de agua estén sin oxígeno y el pH resultante puede causar la precipitación de la caseína, que cuando se descompone produce fuertes olores a ácido butírico.

La contaminación presente en las industrias lácteas se caracteriza por:

- Alto contenido en materia orgánica disuelta, que disminuye con la recuperación de subproductos.
- Buena biodegradabilidad: relación DBO_5/DQO .
- No presentan toxicidad.
- Proporciones elevadas de sólidos volátiles en suspensión. El ratio sólidos en suspensión volátiles/sólidos en suspensión totales alcanza en las industrias lecheras el 90%.
- Valores de nitrógeno total similares a las aguas residuales urbanas, pero aumenta la proporción entre nitrógeno orgánico, que supone más del 50% y amoniacal, más del 20%. Esta característica varía si se emplea ácido nítrico como limpiador.

El grado de impurificación de las aguas residuales debe mantenerse bajo, independientemente de que las industrias viertan a canalizaciones públicas o dispongan de instalaciones propias. Para bajar este grado existen unas “directrices para la reducción del grado de impurificación de las aguas residuales de la industria lechera” del Instituto de Investigación de la leche de 1964 aún hoy vigente:

Estas directrices son:

- Vigilancia de los residuos de soluciones químicas.
 - Lejía y ácidos para limpieza: no deben verterse por canalizaciones alternativas sino verterse procurando que se mezclen y neutralicen antes de verterlos.
 - Ácido sulfúrico y nítrico residual debe diluirse y poder neutralizarse.
- Vigilancia del vertido de aceite (engrase, combustibles...residuos tóxicos y peligrosos por lo que se prohíbe verter a la canalización).
- Aprovechamiento del agua de refrigeración y calentamiento: si la industria tiene la posibilidad de reutilizarla en generadores de vapor se ahorraría bastante cantidad de energía.

En las industrias lácteas los residuos tienen aprovechamiento económico y la contaminación debe ser casi exclusiva de fugas y lavado.

CAUDAL DE AGUA

Uno de los parámetros fundamentales para el diseño y cálculo de las plantas de tratamiento de aguas residuales es el caudal de agua a tratar, entendiendo por el caudal el volumen de agua que llega a la depuradora por unidad de tiempo. Se debe conocer su variación a lo largo del día, sus valores máximos y mínimos o los valores punta que puedan producirse.

Los diferentes valores que deben conocerse para realizar el diseño de la instalación:

- Caudal hidráulico: m^3/h
- Caudal máximo: m^3/h
- Caudal medio: m^3/h
- Caudal mínimo: m^3/h

Estos valores vendrán determinados por el proceso productivo, horario de la jornada de trabajo...

Para evitar oscilaciones en los caudales que puedan dificultar el proceso de tratamiento se instalará un tanque de regulación de caudal con el fin de que la planta trabaje constantemente a caudal medio.

TIPOS DE CONTAMINANTES EN EL AGUA

De acuerdo con la definición de contaminación del medio hídrico como cualquier alteración de sus características físicas, químicas y biológicas, el número de parámetros que se podrían considerar es elevado, lo que conlleva a la aparición de los índices de calidad.

Contaminantes físicos:

- **Características organolépticas:**
 - **COLOR:** El color es la capacidad del agua para absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El color de un agua puede ser de origen natural o debido a su contaminación.

El color de las aguas industriales, dependerá del tipo de fabricación, materias primas y demás.

Los efectos sobre el medio receptor son:

1. Efectos estéticos perjudiciales.
2. Afecta a la visión de los peces.
3. Disminuye la transmisión de la energía solar y, en consecuencia, la fotosíntesis.

- **OLOR:** El olor se produce por desprendimiento de gases de la masa del agua residual.

Una característica del olor es que cantidades muy pequeñas de determinados compuestos pueden producir niveles elevados de olor.

Generalmente el olor es producido por compuestos orgánicos.

En las aguas residuales industriales, el olor va a depender de los productos presentes en los procesos.

- SABOR: Las problemáticas originadas por el sabor y olor, están íntimamente relacionadas y las respuestas en muchas ocasiones son difíciles de diferenciar.

Su forma de cuantificación es también por diluciones sucesivas.

- **Grasas y aceites:**

Aquellos compuestos que estén en estado libre, no sean solubles en agua y tengan menos densidad que ésta.

A pequeñas cantidades en el medio receptor, ocupan grandes superficies, debido a la tensión superficial de muchos de estos compuestos.

Los efectos sobre el medio receptor son:

1. Efectos estéticos muy perjudiciales.
2. Impregnan vegetales y animales, impidiendo la fotosíntesis, respiración y transpiración.
3. Debido a que la solubilidad del oxígeno en los aceites y grasas es muy baja y en muchos casos nula, forman una barrera que impide la transferencia de oxígeno desde la atmósfera a la masa del líquido. Este problema se ve agravado porque pequeñas cantidades, ocupan grandes superficies.

Su determinación puede ser realizada gravimétricamente mediante extracción con disolventes o bien de forma instrumental mediante IR.

- **Espumas:**

La aparición de espumas se debe a la existencia de otros contaminantes, que producen una disminución de la tensión superficial.

En aguas residuales industriales la espumación es debida a tensioactivos, partículas sólidas muy finas, alcalinidad o salinidad elevada.

A mayor temperatura menor persistencia.

Los efectos sobre el medio receptor son:

1. Si la formación de espuma es producida por tensioactivos, emulsiona y/o solubiliza grasas y aceites, lo que lleva consigo un incremento de contaminación por materia orgánica.
2. Causa graves problemas en las plantas depuradoras de aguas al actuar negativamente sobre los procesos biológicos, interfiriendo igualmente en los sistemas de coagulación-floculación, así como en decantación.

- **Temperatura:**

La solubilidad de los gases y, en consecuencia, del oxígeno en el agua, es función de la temperatura, por lo tanto el valor de este parámetro va a incidir de forma directa en la cantidad de oxígeno disponible.

La temperatura de las aguas residuales industriales dependerá del tipo de procesos utilizados (fríos-calientes), así como el volumen de agua utilizado en los sistemas de refrigeración.

Los efectos sobre el medio receptor son:

1. Variación de algunas de las características físicas del aguas, como densidad, viscosidad.
2. Aumentos de temperatura suponen incrementos en la evaporación del agua.
3. Disminuye la solubilidad de los gases y en consecuencia, la del oxígeno.
4. Aumenta la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas.
5. Aumento/disminución de la solubilidad de las sales.

- **Sólidos en suspensión:**

Son aquellos que quedan retenidos en un filtro con un tamaño de poro determinado.

La presencia de sólidos en suspensión incrementa la turbidez y color del agua. La correlación entre sólidos en suspensión y turbidez va a venir afectada por el tamaño, forma y naturaleza de los sólidos en suspensión presentes en el agua.

Contaminantes químicos:

- **Oxígeno disuelto.**

La concentración de oxígeno va a determinar la calidad del agua pudiendo llegar a ser un factor limitante.

- **Concentración de materia orgánica oxidable por vía bioquímica (DBO5).**

La DBO5 va a determinar el consumo vía bioquímica del oxígeno presente en el agua residual, lo que indica la evolución de este elemento en un futuro próximo.

El efecto que esta materia orgánica va a producir es el consumo de oxígeno disponible, con la problemática que ello conlleva.

- **Demanda química de oxígeno (DQO).**

Cantidad de oxígeno que se precisaría para la oxidación de la materia orgánica y algún compuesto inorgánico, por medio de reactivos químicos.

Como la DQO oxida toda la materia orgánica y algunos compuestos inorgánicos, mientras que la DBO sólo la biodegradable, la relación entre ambos parámetros será siempre menor que la unidad:

$$DBO_5/DQO < 1$$

Esta relación es un buen indicador de la biodegradabilidad de un agua residual, de tal forma que los valores menores a 0.2 se consideran que no se pueden utilizar procesos de tratamiento por vía biológica.

- **NTK.**

La presencia de derivados de nitrógeno produce la eutrofización de las aguas, lo que lleva consigo una disminución del oxígeno disuelto en el agua, debido a la gran demanda de este elemento por las algas muertas y depositadas en el fondo, así como la oscuridad y opacidad que producen en el agua en profundidad, que supone una disminución de la energía solar disponible.

Igualmente en la zona superficial se van a originar unos cambios día-noche de la concentración del oxígeno presente, ocasionando un efecto perturbado en la fauna.

La presencia de nitrógeno amoniacal, implica toxicidad para los peces, estando muy definida por el pH del agua y la temperatura.

- **pH.**

El valor de pH es de gran importancia para determinar la calidad de las aguas residuales, debido a que el rango en el cual se desarrollan los procesos biológicos corresponde a un intervalo estrecho y crítico (5.5- 9.5), no existiendo vida en valores fuera del mismo, por desnaturalización de las proteínas.

Debe tenerse muy en presente que la toxicidad de determinados productos químicos se ve afectada por el pH del agua.

En aguas de procedencia industrial, el pH depende de los productos fabricados, materias primas y demás.

La calidad de las aguas en España, entre otras firmas, se controla mediante el Índice de Calidad General (ICG), formado por 23 parámetros analíticos, de los cuales 9 son básicos a determinar en todas actuaciones, mientras que el resto son complementarios, a utilizar en casos concretos.

VERTIDO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CENTRAL LECHERA A LA RED DE ALCANTARILLADO MUNICIPAL.

Los vertidos de carácter no doméstico a la red de saneamiento municipal pueden perjudicar el funcionamiento de la misma. Es por ello que se va a diseñar la propia estación depuradora de las aguas residuales de la central lechera con el fin de cumplir los límites de vertido establecidos por la legislación.

3. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE INDUSTRIAS LÁCTEAS

DATOS DE PARTIDA

El vertido a depurar es el procedente de los residuos y limpieza de los equipos utilizados en la elaboración de los productos lácteos. El volumen de vertido producido en la industria es de **58.33 m³/h x 24 horas**.

Con el fin de evitar el vertido al colector de saneamiento municipal se pretende diseñar la propia instalación de tratamiento de aguas residuales dentro de la central lechera, llegando hasta los límites exigidos en la Ley de vertidos de la comunidad autónoma de Cantabria.

Los principales parámetros y características del vertido de la planta son:

	ENTRADA	SALIDA
DBO (mg/l)	850	25
SS (ppm)	350	35
NTK (ppm)	90	15
P (ppm)	10	2
DQO (ppm)	1500	
Grasas y aceites (ppm)	350	

Tabla 2: Parámetros de partida.

El alto contenido en materia orgánica biodegradable, nutrientes y sales minerales, así como la relación existente entre DBO5/DQO hace que el tratamiento del agua residual más adecuado para las industrias lácteas sea el biológico.

ESQUEMA DE TRATAMIENTO

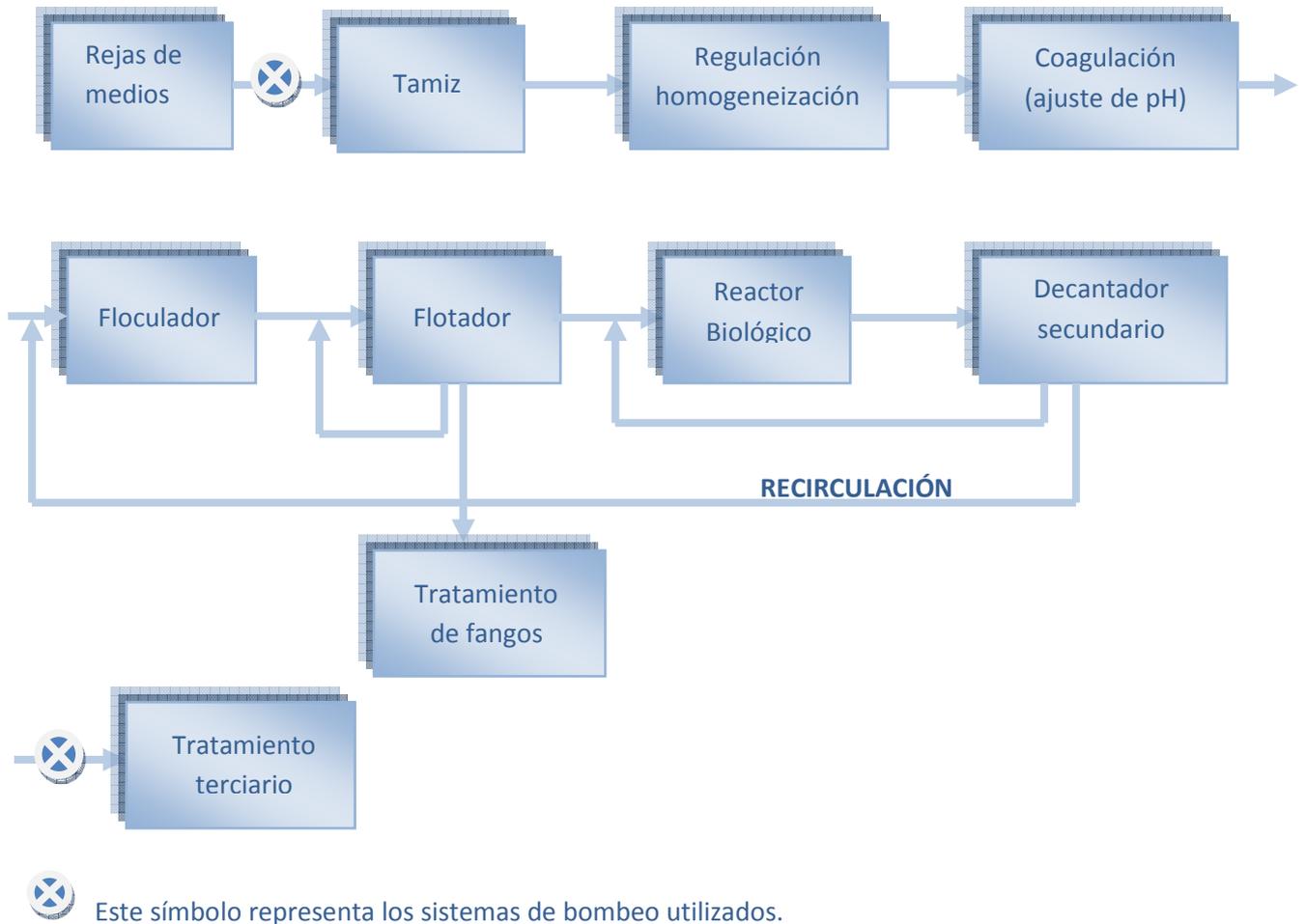


Figura 5: Esquema de tratamiento.

REJAS

Las rejas consisten en un conjunto de barras metálicas, paralelas, de sección regular y con la misma separación entre ellas. Colocadas en un canal de hormigón situadas transversalmente al flujo, para que el agua residual pase a través de ellas quedando de esta forma atrapados los sólidos que poseen un tamaño mayor a la luz entre barrotes. Para hacer fuerte o rígido este sistema se colocan dichas rejas en un marco.

Se puede decir que su uso está muy generalizado y que es la primera operación que se realiza en todas las plantas depuradoras urbanas e industriales. El objetivo fundamental de estas rejillas es la eliminación de todos los sólidos en suspensión de tamaño superior a la separación entre barrotes (luz) con el fin de evitar obstrucciones en líneas o posibles problemas de tipo mecánico.

En este caso se utilizará una rejilla de medios seguida de un tamiz teniendo en cuenta que la rejilla de medios posee 15x20 mm de luz entre barrotes.

Cuanto menor sea la luz o separación entre barrotes, mayor será la cantidad de basura eliminada o separada. La eliminación de estos residuos la haremos utilizando rejillas de limpieza automática las cuales requieren una atención o una inspección menor que las manuales, siendo muy importantes su ajustabilidad y lubricado.

Dicha limpieza se consigue o se lleva a cabo mediante rastrillos que se encajan entre los barrotes. Estos se deslizan a lo largo de los mismos siendo arrastrados acoplados a cadenas sin fin. La velocidad de dichos rastrillos varía entre 2 y 5 min, dependiendo del fabricante. Y su espesor entre 10x20 mm.

También se debe destacar que en este tipo de rejillas el ángulo del equipo con la solera del canal suele estar entre 75°-85°.

Debido al pequeño tamaño de la rejilla se ha optado por la colocación de una rejilla circular.

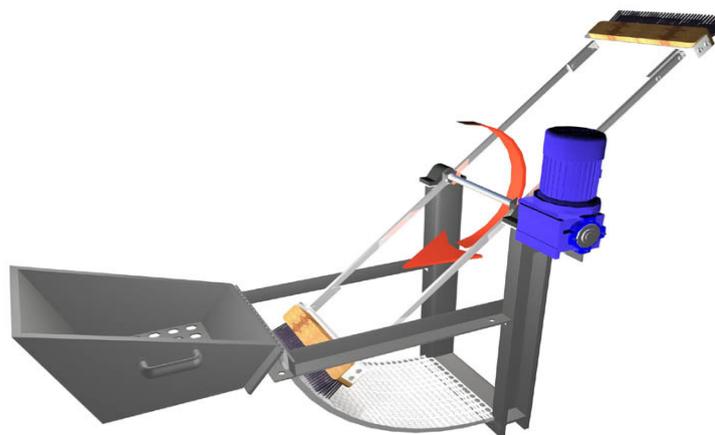


Figura 6: Rejilla circular.

El factor más importante en el cálculo de este equipo es la velocidad de paso del agua a través del mismo, ya que una velocidad demasiado elevada daría lugar a una menor retención de los sólidos a eliminados por las turbulencias generadas. Sin embargo una velocidad demasiado lenta provocaría decantaciones de arenas y otros sólidos en suspensión de densidad elevada. La velocidad del agua en el mismo deberá ser superior a 0,3 m/s.

Los parámetros se uso son:

Luz (mm)	15
V (m/s)	0.8
Espesor (mm)	10
Coef. colmatación	0.7
Inclinación (°)	85

Tabla 3: Parámetros utilizados.

Con esta tabla se obtiene la superficie tanto para caudal máximo como para caudal medio. Así, se cogerá la superficie mayor, que en este caso es para el caudal máximo:

$$S(m^2) = \frac{Q \left(\frac{m^3}{h} \right)}{V \left(\frac{m}{s} \right)} * \frac{3600 \left(\frac{s}{h} \right)}{L(mm)} * \frac{L(mm) + e(mm)}{L(mm)} * 1/C$$

		Superficie (m²)
Qmax(m³/h)	100	0.08
Qmed(m³/h)	58.33	0.05

Tabla 4: Caudales y superficies.

La superficie mojada será en este caso la misma, es decir, 0.08m².

Según lo obtenido, se colocarán dos rejas. Una en funcionamiento, que será circular porque es muy pequeña y para tener hueco para el sistema de limpieza, y otra de repuesto, que será manual y rectangular.

Los canales deben llevar compuertas de aislamiento para evitar la entrada del agua en caso de avería.

El ancho del canal viene determinado por B (m), en función de la superficie obtenida.

El alto de las rejas (D), depende de la superficie requerida por las mismas. Es decir, la altura de la reja de medios. En base a la superficie calculada se obtienen unas dimensiones para el canal:

- **Base: 0.3m**
- **Altura: 0.42m.**

La instalación debe realizarse de forma que se disponga de accesos adecuados para la eliminación de la basura que queda retenida en la reja de forma diaria para poder evitar así malos olores que puedan producirse.

El material de las rejillas será de acero al carbono o acero inoxidable.

ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA RESIDUAL

El bombeo para la entrada del agua a la planta de tratamiento consistiría en dos bombas de 60 m³/h, además de una bomba de repuesto de igual capacidad.

Todas las bombas funcionarían en paralelo y llevarían un variador de frecuencia para poder trabajar con el rango de caudales resultantes de los cálculos.

En situaciones de mínimo caudal (casos puntuales), y para un caudal medio de 58 m³/h, se trabajaría con una bomba de 60 m³/h.

TAMIZ

Los tamices son equipos para la eliminación de los sólidos en suspensión de gran tamaño, consistentes en hacer pasar el agua a través de una placa perforada con ranuras o perforaciones o bien mediante una malla de acero inoxidable con luz entre 0,5 y 2 mm.

El objetivo de los tamices es eliminar todos los sólidos de un tamaño superior a la luz del elemento filtrante. Debido a que la luz es muy inferior a las rejillas, la capacidad de retención es mucho más importante que en aquellas.

Se va a instalar un tamiz de tipo dinámico o rotativo los cuales tienen una capacidad de tratamiento superior a los estáticos, aunque son más complejos y de mayor coste que estos.

Están formados por un cilindro cuya virola está formada por una malla de inoxidable a través de la cual pasa el agua residual, quedando retenidos en la superficie los sólidos en suspensión a eliminar. Al girar el cilindro extrae del agua los sólidos que son arrastrados por la superficie del tamiz y separados posteriormente mediante una rasqueta.

La construcción de los diferentes tipos de tamices se lleva a cabo en acero inoxidable.

Para el caudal máximo de 100 m³/h el modelo seleccionado es GF63060, con una luz de 0.75 mm.

Para mejorar la capacidad de tratamiento del tamiz se instalará un sistema de lavado de la superficie interior del tamiz para evitar la colmatación de la superficie filtrante.

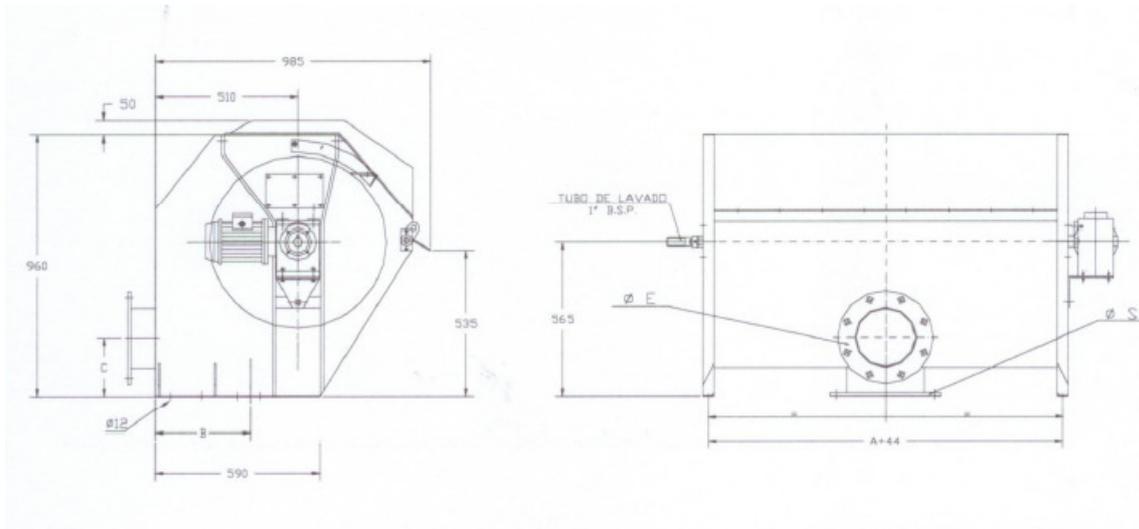


Fig 7: esquema del tamiz GF63060.

MODELO	A	B	C	∅ E	∅ S
GF-63030L	315	290	175	125	150
GF-63060L	615	315	190	150	200
GF-63090L	915	342	215	200	250
GF-63120L	1215	367	242	250	300
GF-63150L	1515	383	267	300	350
GF-63180L	1815	383	267	300	350

Modelo	Luces (mm)						PESO EN SECO	PESO EN CARGA
	0.25	0.5	0.75	1	1.5	2.5		
GF-4025	10	18	24	30	39	39	70	125
GF-63030	28	51	68	85	108	108	260	345
GF-63060	57	102	137	170	216	216	280	450
GF-63090	85	153	205	256	324	324	300	575
GF-63120	114	205	273	341	432	432	340	700
GF-63150	142	256	341	426	540	540	380	825
GF-63180	182	302	420	511	659	659	420	950
GF-90200	220	386	533	665	900	1200	1100	1870
GF-90300	230	580	800	1000	1350	1800	1240	2400

Capacidades en m³/h para agua con 200 ppm de s.s.

En este proceso la eliminación de DBO es del 15%, y la eliminación de SS es de 25%, quedando entonces 722.5 ppm de DBO y 262.5 ppm SS.

TANQUE DE REGULACION

Como ya se comentó anteriormente en las centrales de tratamiento y envasado de leche los flujos suelen producirse de manera intermitente a lo largo de la jornada de trabajo, sobre todo al final de las operaciones de tratamiento, en el momento del lavado de máquinas, tuberías, recipientes, etc. Estas variaciones de caudal y/o composición pueden ser muy importantes hasta el punto de provocar un funcionamiento incorrecto de la depuradora o bien un sobredimensionamiento de esta.

Por esta razón es preciso llevar a cabo una regulación del caudal o la homogeneización de su composición con el fin de conseguir que toda la planta al completo trabaje en unas condiciones uniformes.

El conseguir un caudal uniforme o regularizado conlleva las siguientes ventajas:

- Mejora los rendimientos del proceso, sobretodo los biológicos.
- Facilita el control de la instalación.
- Aumenta la vida de las instalaciones al trabajar en condiciones constantes.
- Facilita las operaciones y programación de los trabajos de mantenimiento.
- Permite optimizar el tamaño de la instalación.
- Evita el sobredimensionamiento de la depuradora.

La regulación del flujo de agua que llega a la instalación consiste en la laminación de los picos y valles de caudal, de forma que se trabaje a caudal constante, lo que conlleva un incremento de la eficiencia de los procesos restantes.

El tanque de regulación embalsará agua cuando el caudal que llega a la instalación sea mayor que el caudal medio (caudal de salida del tanque de regulación).



El volumen necesario para el tanque de regulación se puede determinar teniendo en cuenta las variaciones de caudal a lo largo del día, realizando el siguiente cuadro:

Horas	Alimentación	Acumulada IN	Extraído	Acumulado OUT	Diferencial alim-extr
0	40	40	58	58	-18
1	40	80	58	116	-36
2	40	120	58	174	-54
3	45	165	58	232	-67
4	45	210	58	290	-80
5	50	260	58	348	-88
6	70	330	58	406	-76
7	100	430	58	464	-34
8	100	530	58	522	8
9	100	630	58	580	50
10	90	720	58	638	82
11	70	790	58	696	94
12	70	860	58	754	106
13	49	909	55	809	100
14	50	959	58	867	92
15	55	1014	58	925	89
16	50	1064	58	983	81
17	50	1114	58	1041	73
18	50	1164	58	1099	65
19	40	1204	58	1157	47
20	40	1244	58	1215	29
21	45	1289	58	1273	16
22	45	1334	58	1331	3
23	55	1389	58	1389	0
24	58	1447	58	1447	0

Donde:

- Alimentación: volumen de agua que llega a la planta en ese periodo de tiempo (m3).
- Acumulada In: volumen acumulado de agua que llega a la planta desde el tiempo cero (m3). Ese volumen de agua acumulado en un día dividido entre 24 horas nos da el caudal medio (m3/hr).
- Extraído: caudal de agua de salida del tanque.
- Acumulado OUT: volumen de agua extraído del tanque desde el tiempo cero.
- Diferencia: diferencia entre las columnas acumuladas In y OUT.

Los valores positivos corresponden con la cantidad de agua que se precisa almacenar, al ser las cantidades extraídas inferiores a las llegadas.

Los valores negativos representan el agua que se precisa tener almacenada para aquellos periodos de tiempo en que las extracciones sean superiores a las aportaciones.

El volumen del tanque será la suma del valor máximo positivo y el valor mínimo negativo en valor absoluto. Después de realizar un sobredimensionamiento del 15%, se obtiene un volumen de 217m³.

COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

En las aguas residuales pueden existir una serie de partículas que por distintos motivos no es factible separarlas por decantación, debido a su pequeño tamaño, baja densidad o encontrarse cargadas eléctricamente. Concretamente en las aguas procedentes de la central lechera van a ser unas aguas con un alto contenido de sólidos en suspensión y de grasas y aceites por lo que para poder separar estos contaminantes de las aguas mediante una flotación hay que aplicar primero un proceso de coagulación-floculación, y así evitar que las partículas no se encuentren en forma coloidal o de emulsión.

Las aguas potables o residuales, en distintas cantidades, contienen material suspendido, sólidos que pueden sedimentar en reposo, ó sólidos dispersados que no sedimentan con facilidad. Una parte considerable de estos sólidos que no sedimentan pueden ser coloides. En los coloides, cada partícula se encuentra estabilizada por una serie de cargas de igual signo sobre su superficie, haciendo que se repelan dos partículas vecinas como se repelen dos polos magnéticos. Puesto que esto impide el choque de las partículas y que formen así masas mayores, llamadas flóculos, las partículas no sedimentan. Las operaciones de coagulación y floculación desestabilizan los coloides y consiguen su sedimentación. Esto se logra por lo general con la adición de agentes químicos y aplicando energía de mezclado.

Los términos Coagulación y Floculación se utilizan ambos indistintamente en colación con la formación de agregados. Sin embargo, conviene señalar las diferencias conceptuales entre estas dos operaciones. La confusión proviene del hecho de que frecuentemente ambas operaciones se producen de manera simultánea. Para aclarar ideas se definirán Coagulación como la desestabilización de la suspensión coloidal, mientras que la Floculación se limita a los fenómenos de transporte de las partículas coaguladas para provocar colisiones entre ellas promoviendo su aglomeración. Por tanto:

Coagulación: Desestabilización de un coloide producida por la eliminación de las dobles capas eléctricas que rodean a todas las partículas coloidales, con la formación de núcleos microscópicos.

Floculación: Aglomeración de partículas fácilmente sedimentables a partir de partículas desestabilizadas primero en microflóculos, y más tarde en aglomerados voluminosos llamados flóculos.

La coagulación es una reacción de tipo químico, mientras que la floculación es de tipo físico.

Coagulación

En el proceso de la coagulación es la reacción química la que tiene lugar por la adición de determinados productos químicos a una dispersión coloidal produciendo una serie de fenómenos:

- Neutralización de las cargas negativas de los sólidos en suspensión con el ión coagulante.
- Reacción del coagulante y la formación de floculos de óxido hidratado coloidal con carga positiva, los cuales atraen las impurezas coloidales de carga negativa.
- La adsorción superficial de impurezas coloidales por los floculos.

En la *Figura 8* se muestra como los coagulantes cancelan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide permitiendo la aglomeración y la formación de floculos. Estos floculos inicialmente son pequeños, pero se juntan y forman aglomerados mayores capaces de sedimentar. Para favorecer la formación de aglomerados de mayor tamaño se adicionan un grupo de productos denominados floculantes.

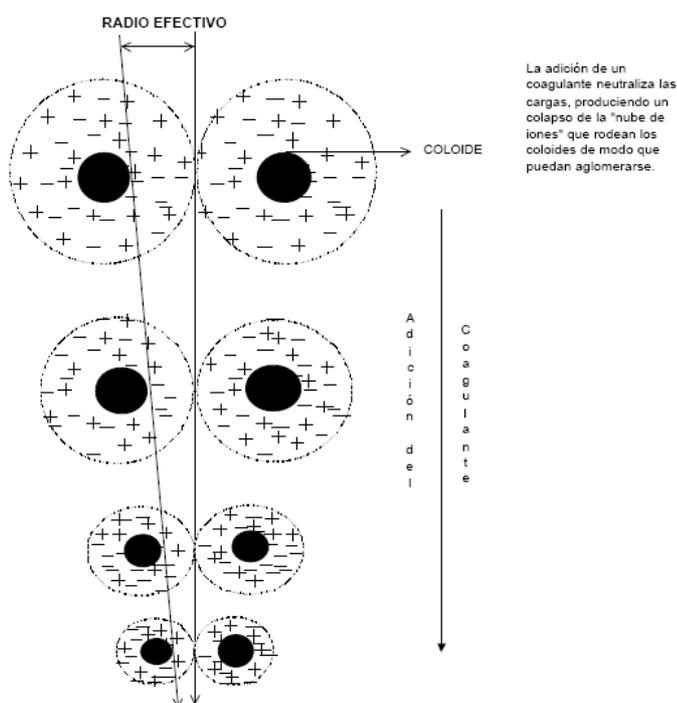


Figura 8: Desestabilización del coloide y compresión de la capa difusa.

Cuando se aproximan dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, cuyo potencial de repulsión está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas. Esto se consigue sólo con los iones del coagulante (*Figura 9*). Existe por otro lado, un potencial de atracción E_a entre las partículas llamadas fuerzas de Van der Waals, que dependen de los átomos

que constituyen las partículas y de la densidad de estos últimos. Si la distancia que separa a las partículas es superior a “L” las partículas no se atraen. E es la energía que las mantiene separadas.

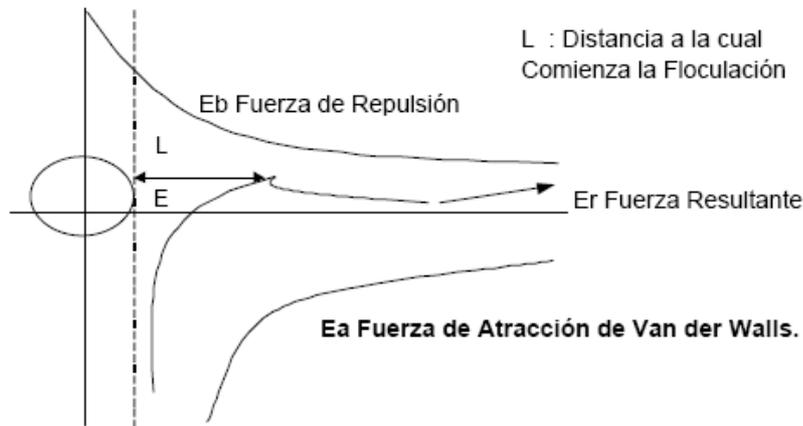


Figura 9: Fuerzas de atracción y repulsión.

La precipitación del coloide implica por tanto dos etapas:

- 1) Desestabilización. Las teorías sobre el mecanismo de este fenómeno se basan en la química coloidal y de superficies.
- 2) Transporte de núcleos microscópicos para formar agregados densos. La teoría del transporte está basada en la mecánica de fluidos.

Mezclado del coagulante

Para complementar la adición del coagulante se requiere del mezclado para destruir la estabilidad del sistema coloidal. Para que las partículas se aglomeren deben chocar, y el mezclado promueve la colisión. El movimiento browniano, movimiento caótico comunicado a las partículas pequeñas al ser bombardeadas por moléculas individuales de agua, está siempre presente como una fuerza homogeneizadora natural. Sin embargo, casi siempre es necesaria energía adicional de mezclado. Un mezclado de gran intensidad que distribuya al coagulante y promueva colisiones rápidas es lo más efectivo. También son importantes en la coagulación la frecuencia y el número de colisiones entre las partículas. Así, en aguas de baja turbidez, puede requerirse la adición de sólidos para aumentar dichas colisiones.

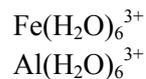
Crecimiento de los flóculos

Una vez que se ha añadido el coagulante y se ha realizado la operación de coagulación se pasa a la formación de flóculos mayores. Puede ocurrir que el flóculo formado por la aglomeración de varios coloides no sea lo suficientemente grande como para asentarse con la rapidez deseada. Por ello es conveniente utilizar productos coadyuvantes de la floculación ó simplemente denominados Floculantes.

Un floculante reúne partículas en una red, formando puentes de una superficie a otra y enlazando las partículas individuales en aglomerados. La floculación es estimulada por un mezclado lento que junta poco a poco los flóculos. Un mezclado demasiado intenso los rompe y rara vez se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos. Una buena floculación favorece el manejo del lodo final para su desecación, filtrado, etc.

Tipos de coagulantes

Históricamente, los coagulantes metálicos, sales de Hierro y Aluminio, han sido los más utilizados en la clarificación de aguas y eliminación de DBO y fosfatos de aguas residuales. Tienen la ventaja de actuar como coagulantes-floculantes al mismo tiempo. Forman especies hidratadas complejas cargadas positivamente:



Sin embargo tienen el inconveniente de ser muy sensibles a un cambio de pH. Si éste no está dentro del intervalo adecuado la clarificación es pobre y pueden solubilizar Fe ó Al y generar problemas. A continuación vemos los más utilizados:

Sulfato de Alúmina: Conocido como Alumbre, es un coagulante efectivo en intervalos de pH 6 a 8. Produce un flóculo pequeño y esponjoso por lo que no se usa en precipitación previa de aguas residuales por la alta carga contaminante del agua. Sin embargo su uso está generalizado en el tratamiento de agua potable y en la reducción de coloides orgánicos y fósforo.

Sulfato Férrico: Funciona de forma estable en un intervalo de pH de 4 a 11, uno de los más amplios conocidos. Producen flóculos grandes y densos que decantan rápidamente, por lo que está indicado tanto en la precipitación previa como en la coprecipitación de aguas residuales urbanas o industriales. Se emplea también en tratamiento de aguas potables aunque en algún caso puede producir problemas de coloración.

Cloruro Férrico: Es similar al anterior aunque de aplicación muy limitada por tener un intervalo de pH más corto. Es enérgico aunque puede presentar problemas de coloración en las aguas.

Aluminato sódico: Se emplea poco. Su uso más habitual es eliminar color a pH bajo. Además se puede usar en el ablandamiento de agua con cal.

Coadyuvantes de la floculación

Las dificultades que pueden presentar algunos coloides desestabilizados para formar flóculos pesados que sedimentan bien han dado lugar a la búsqueda de sustancias que ayudan a la formación de estos flóculos.

Entre las dificultades que se pueden presentar en un proceso de floculación están:

- Formación de flóculos pequeños de lenta sedimentación.
- Formación lenta de flóculos.

- Flóculos frágiles que fragmentan en los procesos de acondicionamiento del lodo.
- Formación de microflóculos que pasan por los filtros.

Para eliminar estas dificultades y lograr flóculos grandes y bien formados de fácil sedimentación se han utilizado sustancias y procedimientos muy variados. Los más usados son los siguientes:

Oxidantes: Como la percloración, que en parte oxida la materia orgánica y rompe enlaces en los coloides naturales, ayudando a una mejor floculación posterior.

Adsorbentes: Las aguas muy coloreadas y de baja mineralización en que los flóculos de aluminio ó hierro tienen muy poca densidad, coagulan muy bien al añadir arcilla que da lugar a que se adsorba y origine flóculos pesados de fácil sedimentación. Otros adsorbentes son la caliza pulverizada, sílice en polvo y carbón activo.

Sílice activa: Algunos compuestos inorgánicos pueden ser polimerizados en agua para formar polímeros floculantes inorgánicos. Este es el caso de la sílice activa que presenta una alta efectividad como auxiliar del tratamiento con Alumbre.

Polielectrolitos

Son polímeros orgánicos con carga eléctrica. Inicialmente se utilizaron los de origen natural, como almidón, celulosa, gomas de polisacáridos, etc. Hoy se usan una gran variedad de polielectrolitos sintéticos. Pueden actuar solos o como coadyuvantes para floculación.

Los polielectrolitos pueden clasificarse en:

- Catiónicos: Cargados positivamente.
- Aniónicos: Cargados negativamente.
- No iónicos: No son polielectrolitos en sentido estricto aunque exhiben en disolución muchas de las propiedades floculantes de los anteriores.

Los polielectrolitos catiónicos son poliaminas que se hidrolizan en agua como sigue:



Puesto que la hidrólisis da OH^- , a pH alto se fuerza la reacción a la izquierda y el polímero se vuelve no iónico. De forma semejante, los polímeros aniónicos incorporan a su estructura un grupo carboxilo que en agua se ioniza del siguiente modo:



Un pH bajo fuerza la reacción a la izquierda y transforma el polímero aniónico en no iónico. Según esto, generalmente se usan los polímeros catiónicos a bajos pHs y los aniónicos a altos pHs. Esto no significa que en caso contrario dejen de funcionar, lo que ocurre es que se transforman en no iónicos, lo que hará variar en cierto modo su efectividad en el tratamiento concreto a que se aplican.

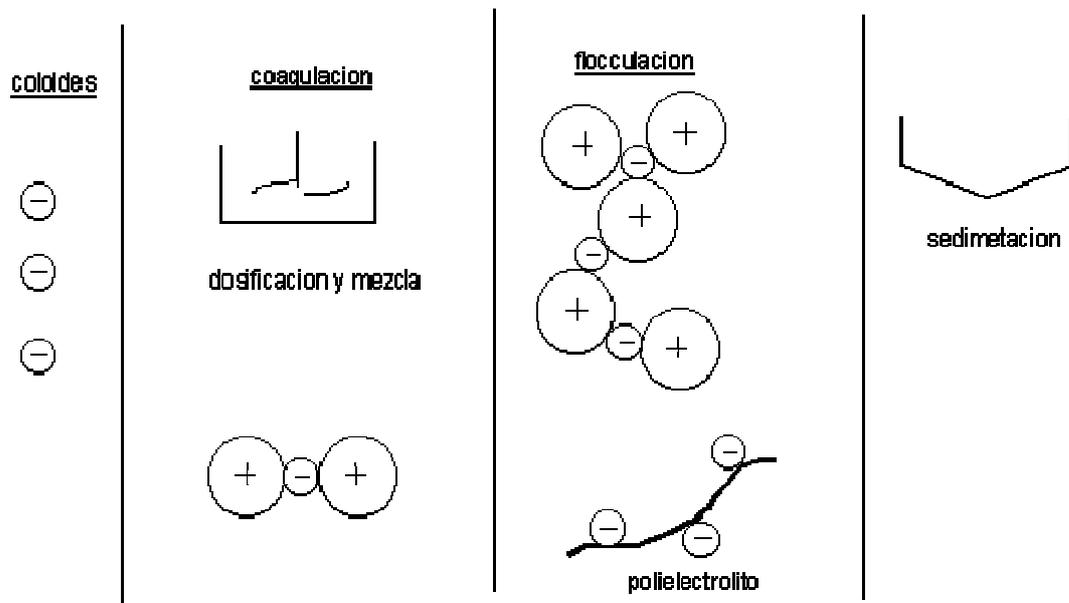


Figura 10: Descripción del proceso de adición de coagulantes y floculantes.

A continuación

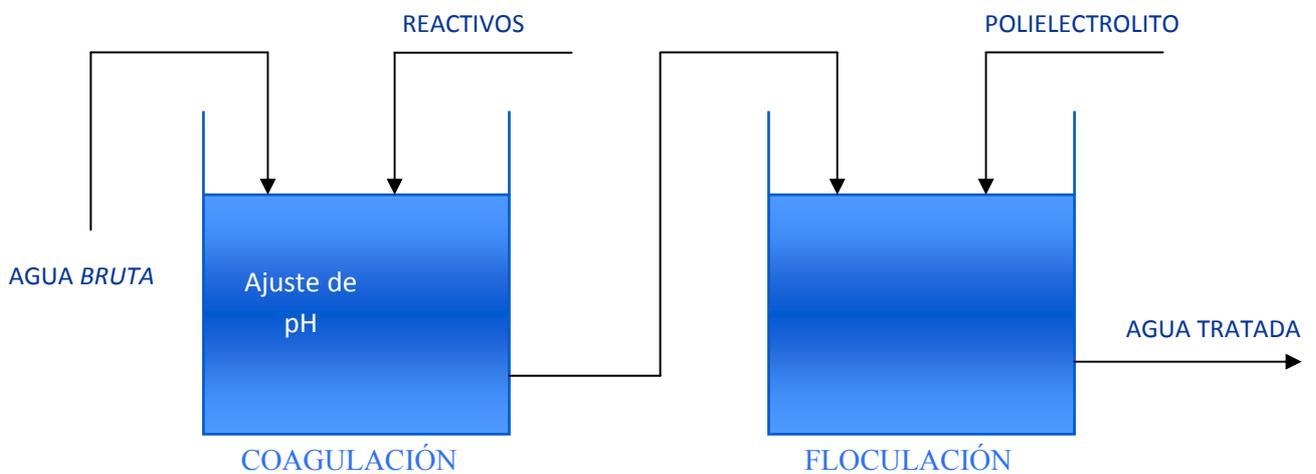


Figura 11: Esquema de coagulación-floculación.

CÁLCULOS DE DIMENSIONAMIENTO

COAGULADOR

➤ *Tanque de preparación del coagulador*

El reactivo empleado será el cloruro férrico para el proceso de coagulación. La cantidad utilizada de éste es de 200 ppm (con una concentración de 10%).

$$\text{kg} / \text{m}^3 \text{ reactivo utilizado} = \frac{200 \text{ ppm}}{1000} = 0.2 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$Q_{\text{REACTIVO}} (\text{m}^3 / \text{h}) = (\text{kg} / \text{h}) \text{ reactivos dosificado} \times \text{Caudal} (\text{m}^3 / \text{hr}) = 0.2 \times 58.3 = 11.7 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_{\text{REACTIVO}} (\text{l} / \text{h}) = Q_{\text{REACTIVO}} (\text{m}^3 / \text{h}) \times \text{Concentracion Reactivo} = 11.7 \times 10 = 116.7 \text{ l} / \text{h}$$

$$\text{Volumen} (\text{m}^3) = \frac{Q_{\text{REACTIVO}} (\text{l} / \text{h}) * Q_{\text{IN}} \text{ coagulador} (\text{m}^3) * 1.15}{1000} = \frac{116.7 * 58.3 * 1.15}{1000} = 1 \text{ m}^3$$

El tanque hay que sobredimensionarlo un 15%.

$$\text{Diámetro} (\text{m}) = \sqrt[3]{\frac{4 * \text{Volumen} (\text{m}^3)}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 * 1}{3.1416}} = 1.1 \text{ m}$$

$$\text{Altura} (\text{m}) = \sqrt[3]{\frac{4 * \text{Volumen} (\text{m}^3)}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 * 1}{3.1416}} = 1.1 \text{ m}$$

La altura hay que incrementarla en 30cm para evitar salpicaduras.

Para la dosificación del reactivo hace falta poner una bomba:

$$Q_{\text{BOMBA}} (\text{m}^3 / \text{h}) = Q_{\text{IN}} \text{ coagulador} (\text{m}^3 / \text{h}) * \text{kg} / \text{m}^3 \text{ reactivo dosificado} = 58.3 * 0.2 = 11.7 \text{ kg} / \text{h}$$

$$Q_{\text{BOMBA}} (\text{l} / \text{h}) = Q_{\text{BOMBA}} (\text{m}^3 / \text{h}) * \text{concentración reactivo} = 11.7 * 10 = 116.7 \text{ l} / \text{h}$$

➤ *Volumen*

$$Volumen (m^3) = \frac{Q(m^3/h) * Tr (min)}{60 h/min} = \frac{58.3 * 3}{60} = 2.9 m^3$$

El volumen hay que sobredimensionarlo un 20%, por tanto el volumen final adoptado será 4m³.

➤ *Diámetro*

$$Diámetro (m) = \sqrt[3]{\frac{4 * Volumen (m^3)}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 *}{3.1416}} = 1.5 m$$

El coagulador va a ser cilíndrico porque el diámetro es menor de 3.

➤ *Altura*

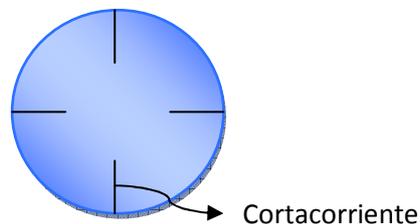
$$Altura (m) = \sqrt[3]{\frac{4 * Volumen (m^3)}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 *}{3.1416}} = 1.8 m$$

La altura hay que incrementarla unos 30 cm para evitar las salpicaduras que se pueden producir con la agitación vigorosa.

➤ *Cortacorrientes*

El tanque de coagulación va a tener una agitación vigorosa, por lo que es necesaria la colocación de cortacorrientes.

El número de cortacorrientes que se van a instalar son 4.



Ancho de cortacorriente = 10% del diámetro del coagulador = 0.1m

Altura de cortacorriente = 80% de la altura del coagulador = 1.5m

FLOCULADOR

El tiempo de residencia en el floculador va a ser de 30 minutos.

➤ *Volumen*

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = \frac{Q(\text{m}^3/\text{h}) * Tr (\text{min})}{60 \text{ h/min}} = \frac{58.3 * 30}{60} = 29 \text{ m}^3$$

Hay que sobredimensionarlo un 15%, por lo tanto el volumen final del coagulador es de 34m³.

➤ *Lado*

$$\text{Lado (m)} = \sqrt[3]{\frac{4 * \text{Volumen (m}^3\text{)}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 * 34}{3.1416}} = 3.1 \text{ m}$$

Al ser mayor de tres el floculador va a ser cúbico.

➤ *Altura*

La altura es la misma del lado mas 30cm por lo tanto H = 3.14m.

El floculador va a tener agitación mecánica, disponiendo de un variador de velocidad en el proceso de floculación con el fin de ajustar la velocidad según el tipo de flóculo formado.

FLOTACION

El proceso de flotación con aire es utilizado en el tratamiento de aguas residuales con el fin de eliminar:

- Sólidos en suspensión de densidad igual o menor a la del agua.
- Partículas de grasas y aceites si se encuentran en estado libre.

La separación se consigue generando finas burbujas de gas, normalmente aire, en la fase líquida. Las burbujas se adhieren a las partículas, y la fuerza ascensional que experimenta el conjunto partícula-burbuja de aire hace que suban hasta la superficie del líquido. De esta forma, es posible hacer ascender a la superficie partículas cuya densidad es mayor que la del líquido, además de favorecer la ascensión de las partículas cuya densidad es inferior, como el caso del aceite en el

agua. Una vez las partículas se hallan en superficie, pueden recogerse mediante un rascado superficial.

En este tipo de procesos se obtienen además del agua tratada, un residuo de fangos de flotación que contienen los sólidos en suspensión y las grasas y aceites separados.

La principal ventaja del proceso del proceso de flotación frente al de sedimentación consiste en que permite eliminar mejor y en menos tiempo las partículas pequeñas o ligeras cuya deposición es lenta. Su uso está generalizado para las aguas industriales.

La flotación como proceso de descontaminación se realiza con microburbujas, de diámetros del orden de 15-100 micrómetros (*m) y con burbujas medianas (100-600 *m). En el primer caso, la capacidad de remoción de carga de estas burbujas es muy pequeña, sin embargo, hoy en día existen técnicas y equipos que generan burbujas de tamaño intermedio.

Cuanto más pequeña sea la burbuja para la misma cantidad de aire más burbujas y en consecuencia más sólidos a separar.

En este caso las burbujas se añaden, o se induce su formación, mediante el proceso de flotación por aireación.

Se forman mediante la saturación de aire en agua y su posterior despresurización.

En este sistema de flotación por aireación, las burbujas de aire se introducen directamente en la fase líquida por medio de difusores. La aireación directa durante cortos periodos de tiempo no es especialmente efectiva a la hora de conseguir que los sólidos floten.

La flotación propiamente dicha ocurre en un tanque que recibe la suspensión proveniente de la zona de contacto y tiene por objetivo separar las fases flotada y efluente tratado (agua). Los sistemas de descarga del agua tratada, normalmente por la periferia protegida por pantallas, emplean mecanismos especiales, como canaletas provistas de ranuras que las atraviesan longitudinalmente por su parte inferior, o dispositivos que minimizan la formación de corrientes de agua. El parámetro más importante que debe ser considerado en el diseño de esta etapa, es el "flujo superficial" que es una medida del tiempo de residencia medio del fluido dentro del estanque.

En relación con el producto flotado, su extracción es normalmente realizada con un raspador (colector) mecánico que atraviesa lentamente la superficie de la unidad de flotación.



Figura 12: Flotador.

DIMENSIONADO DE EQUIPO:

La línea de agua va a entrar al flotador con los siguientes valores de contaminación:

➤ *Temperatura, presión, solubilidad*

Para el diseño del flotador hay que tener en cuenta las condiciones de presión, ya que dependiendo de los valores de ambos va a variar la solubilidad de aire en el agua, aumentando al incrementarse la presión y disminuyendo al aumentar la temperatura.

El valor de la presión de trabajo suele estar entre 4 y 6 atmósferas, en este caso se ha estimado que el sistema va a trabajar a una presión de 5 atmósferas.

La línea de agua va a tener una temperatura de unos 30°C, las cubetas de la leche se van a lavar a una temperatura de 70°C, pero con el sistema de refrigeración va a conseguir disminuir la temperatura antes de que el agua residual llegue a la depuradora.

Una vez estimada la temperatura, en la tabla se puede saber la solubilidad que el aire va a tener en el agua:

TEMPERATURA (°C)	SOLUBILIDAD AIRE/AGUA (ppm)
0	29.2
10	22.8
20	18.7
30	15.7

Tabla 5: Temperaturas/Solubilidad.

Hay que tener en cuenta que esta solubilidad es para un agua pura, en un agua residual la solubilidad va a disminuir, se ha considerado que va a hacerlo un 60%, por tanto el valor real de la solubilidad del aire en agua va a ser de 9.42ppm.

La variación de la solubilidad con la presión va a seguir la ley de Raoult:

$$X_S^P \text{ (kg/m}^3\text{)} = P * X_S^1 = 0.08 \text{ kg/m}^3$$

➤ *Caudal de recirculación*

Para calcular la cantidad de la carga horaria de contaminantes a eliminar hay que fijar las necesidades de aire por kilo de contaminante que va a precisar el proceso:

Valor estimado de kg aire/kg contaminante = 0.04

$$A \text{ (kg/h)} = p \text{ (kg/kg)} * K \text{ (kg/h)} = 0.04 * 43.4 = 1.73 \text{ kg aire/h}$$

Siendo:

A : kg aire/h necesarios para la flotación

P : kg aire/kg contaminante

K : kg de contaminante a eliminar.

La cantidad de aire calculada anteriormente calculada, va a ser disuelta en el caudal de recirculación:

$$Q_r \text{ (m}^3 \text{ / h)} = \frac{A \text{ (kg / h)}}{X_S^P \text{ (kg / m}^3\text{)}} = \frac{1.7}{0.08} = 22 \text{ m}^3 \text{ / h}$$

El dimensionamiento del equipo de flotación se realiza con el caudal total que sale de la suma de caudales, el de recirculación más el de entrada:

$$Q_{\text{TOTAL}} \text{ (m}^3 \text{ / h)} = Q_{\text{IN}} \text{ (m}^3 \text{ / h)} + Q_r \text{ (m}^3 \text{ / h)} = 58.33 + 22 = 80.4 \text{ m}^3 \text{ / h}$$

Para el cálculo de los siguientes parámetros se ha estimado la carga hidráulica, másica y el tiempo de retención con los siguientes valores:

Tiempo de retención (min)	60
CH (m³/m²*h)	3
CM (kg/m²*h)	5

Tabla 6: Tiempo de retención, carga hidráulica y carga volumétrica.

➤ *Superficie:*

$$S (m) = \frac{Q (m^3 / h)}{CH (m^3 / m^2 * h)} = \frac{80.4}{3} = 27m^2$$

➤ *Volumen*

$$Volumen (m^3) = Q_{TOTAL} (m^3 / h) * Tr (h) = 80.4 * 1 = 80.4m^3$$

➤ *Altura*

$$H (m) = \frac{Volumen (m^3)}{Superficie (m^2)} = \frac{80.4}{27} = 3m$$

➤ *Diámetro*

$$D (m) = \sqrt{\frac{4 * S (m^2)}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 27}{3.1416}} = 6m$$

Al ser el diámetro menor de 20 metros, el tanque de flotación va a tener un diseño circular.

➤ *Calderín de presurización*

El volumen del calderín va a estar determinado en función del tiempo de retención del agua en el mismo:

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = Q_r \text{ (m}^3\text{/h)} * T_r \text{ (h)} = 22 * 1 = 22 \text{ m}^3$$

Además de los parámetros calculados hay que tener en cuenta en el diseño del flotador:

- Debe disponer de unas barrederas de fondo, con el fin de arrastrar los sólidos no flotados y con más densidad que el agua que puedan decantar en el fondo.
- El sistema de accionamiento de rasquetas debe disponer de un variador de velocidad, para poder ajustarla a las necesidades del proceso, ya que una velocidad de arrastre muy lenta puede producir la rotura de las espumas formadas y el retorno de los sólidos al agua, con la correspondiente pérdida de rendimiento.
- El calderín de presurización deberá disponer al menos de los siguientes elementos: válvula de seguridad, control de nivel, purga y manómetro.
- El equipo de flotación tiene que operar en continuo, ya que al arrancar hay que ajustar las condiciones de aire del proceso.

REACTOR BIOLÓGICO

Un tratamiento biológico se puede definir como aquel proceso mediante el cual los microorganismos proliferan y desarrollan a partir de la materia orgánica presente en las aguas residuales, transformándola por tanto en un sólido sedimentable de naturaleza biológica que se separa del agua en un clarificador o separador sólido líquido. Estas dos etapas, transformación biológica y separación, conforman el proceso biológico.

El proceso de fangos activos consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculo en un depósito agitado, aireado y alimentado con el agua residual, que es capaz de metabolizar como nutrientes los contaminantes biológicos presentes en esa agua.

Este proceso puede ser considerado como de un proceso de autodepuración acelerada, reforzada y controlada artificialmente. Los fenómenos que se presentan son exactamente los mismos que en los ríos o lagos naturales, pero en las balsas de aireación los organismos se agrupan apretadamente en un espacio reducido y en gran número.

Como se ha comentado anteriormente, en este proceso se lleva a cabo la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual, y lo hace de igual forma que tiene lugar en la naturaleza, a través de la biomasa o conjunto de microorganismos que la utilizan como sustrato o

fuelle de alimentación, descomponiéndola vía aerobia. La reacción bioquímica que tiene lugar es la siguiente:



A diferencia de lo que ocurre en la naturaleza, la población de biomasa que se utiliza en este proceso es elevada, lo que conlleva que en unos tiempos reducidos, tenga lugar la eliminación de cantidades importantes de DBO.

Este proceso biológico requiere de una cantidad determinada de materia orgánica, ya que cantidades excesivas de estos compuestos orgánicos, metales pesados y/o sales pueden inhibirlo o destruirlo; y cantidades reducidas de nutrientes pueden no ser suficientes para mantener el proceso.

Un proceso biológico de fangos activos se desarrolla habitualmente en dos cámaras separadas:

- Un reactor biológico, tanque agitado, aireado y alimentado con el agua residual, en el que se produce la parte biológica del proceso;
- y un decantador secundario, tanque en el que sedimenta el fango producido, que es recirculado a la cabecera del tratamiento, y purgada para su eliminación la cantidad producida en exceso.

Estos procesos pueden desarrollarse en un único depósito, actuando alternativamente como reactor y como decantador.

Proceso de lodos activos

1. El agua residual que llega al sistema es introducida de forma continua en el reactor donde se mantiene una concentración elevada de microorganismos en suspensión.

En esta etapa los microorganismos capturan la materia orgánica biodegradable presente, utilizándola como sustrato o alimentación, provocando su eliminación a través de reacciones bioquímicas de oxidación y síntesis.

El oxígeno preciso para los microorganismos se introduce mediante el empleo de difusores, aireadores mecánicos u otros sistemas que aportan el aire para el proceso (el 23% en peso del aire es oxígeno), al mismo tiempo que provocan la agitación suficiente para mantener la biomasa en suspensión y en mezcla íntima con el agua a tratar.

2. El agua que llega al reactor provoca el desplazamiento de la mezcla agua-biomasa a un decantador instalado a continuación.

En el decantador, los microorganismos se aglomeran sobre pequeñas partículas en suspensión, generando unos flóculos de varios milímetros fácilmente decantables, que sedimentan en el fondo del equipo. Este fango decantado está compuesto fundamentalmente por microorganismos, que han escapado del reactor biológico.

Para mantener la concentración en el reactor, estos lodos decantados son recirculados de nuevo al reactor y así mantener la población necesaria.

3. En el proceso de síntesis que tiene lugar en el reactor, se están formando continuamente nuevos microorganismos, que es preciso purgar y extraer del sistema para trabajar con una población de microorganismos fija.

El agua que sale del decantador se trata de un agua tratada y es adecuada para su vertido, en el caso de que no disponga de algún otro tipo de contaminación.

A continuación se muestra un esquema del proceso de fangos activos:

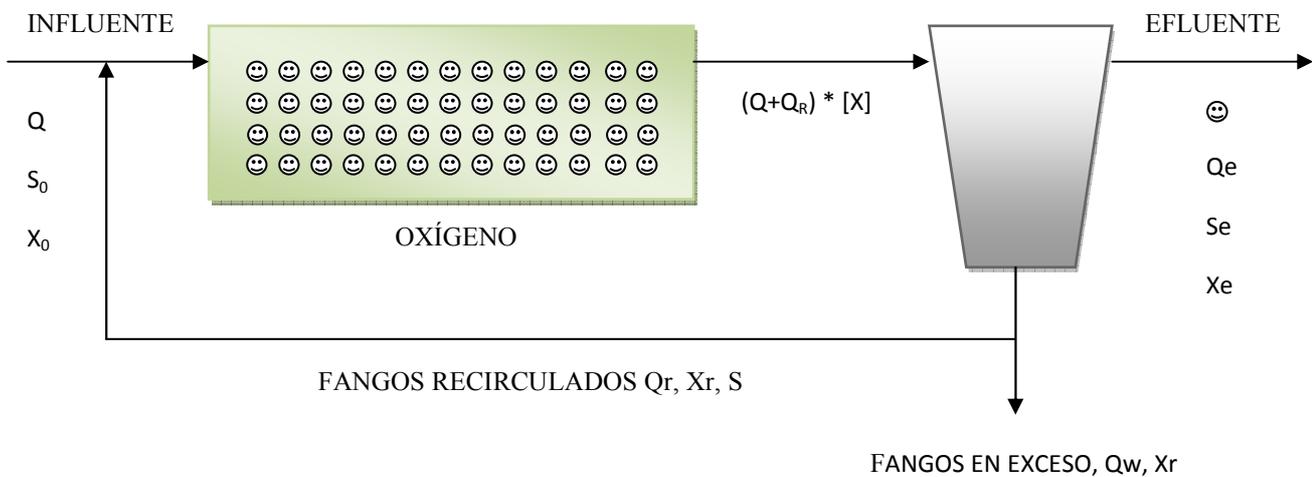


Figura 13: Tratamiento biológico.

Donde:

☺ Fangos activos.

Q es el caudal de agua a procesar.

S_0 es la DBO_5 de entrada.

X_0 es la concentración de microorganismos en el agua de entrada. Despreciable frente a los presentes en el reactor biológico.

X es la concentración de microorganismos en el reactor biológico = MLSS.

Q_R es el caudal de recirculación.

X_e es la concentración de sólidos en suspensión volátiles en el efluente, bichitos que se van con el agua.

Se es la DBO_5 , del efluente.

Q_w es el caudal de purga.

X_R es la concentración de microorganismos en la poceta del decantador secundario.

De acuerdo con lo indicado anteriormente, en el proceso de fangos activos es de gran importancia, no solo que los microorganismos asimilen en el menor tiempo posible la materia orgánica, sino que formen unos buenos flóculos fácilmente decantables.

El nivel de población o concentración de microorganismos que se debe mantener en el reactor va a depender, entre otros factores de los siguientes:

- Concentración de materia orgánica biodegradable en la alimentación.
- Tipo de proceso a utilizar.
- Rendimiento que se desee obtener.
- Contaminantes a eliminar.
- Variabilidad de la carga orgánica.

Cuando en un proceso de fangos activos, desaparece la materia carbonosa, y se dan las condiciones adecuadas, como temperatura, tiempo de retención, etc.,. Tiene lugar la oxidación por vía bioquímica del nitrógeno amoniacal, transformándolo en un primer paso en nitrito y posteriormente a nitratos.

En la práctica la nitrificación puede conseguirse en el mismo reactor utilizado en el tratamiento de la materia orgánica carbonosa o bien en un reactor separado dispuesto a continuación de un proceso convencional de fangos activos.

El proceso va a tener una serie de variables que hay que tener en cuenta a la hora de determinar su diseño:

Carga másica

Es la relación entre la carga orgánica a procesar y la masa de microorganismos en el reactor. Viene representada por el cociente entre la cantidad de DBO que se introduce en el sistema por día y la masa de microorganismos existentes en el reactor. Se expresa en kg de DBO en el influente en un día dividido por los kg de biomasa en el tanque de aeración.

$$CM = \frac{KgDBO / d}{KgBiomasa}$$

En función de la carga másica utilizada, los diferentes procesos biológicos se pueden clasificar:

- Alta carga, cuando $CM > 0,5$.
- Media carga, para CM entre 0,5 y 0,2.
- Baja carga, cuando $CM < 0,2$.

La fijación de un valor de carga másica se traduce en unas condiciones de desarrollo de microorganismos frente a la cantidad de alimento que entra en el proceso. Cuando la carga es baja, ***aireación prolongada***, la disponibilidad de alimento en relación a la población de microorganismos es muy limitada, de ahí que éstos se encuentren en fase de crecimiento endógeno; sirviendo los microorganismos muertos como fuente de energía y de carbono para los vivos. Resultado, los microorganismos proliferan en relación a los muertos mínimamente, de ahí que:

- Se genere una cantidad de fango en exceso baja.
- El fango se encuentre estabilizado parcialmente.
- El rendimiento en la eliminación de materia orgánica sea elevado.

La contrapartida a estas ventajas: el tiempo de contacto microorganismo-agua debe ser elevado, unas 24 horas frente a las 6 horas, por término medio de las condiciones convencionales.

Por esta razón no se pueden hacer operar todos los reactores de fangos activos en condiciones de aireación prolongada, el volumen del reactor sería inadmisibles.

De hecho cuando los niveles de procesado de materia orgánica son superiores a 3000kg/d de DBO₅, el reactor deberá operar en condiciones convencionales, bajo las cuales los microorganismos se encuentran en una fase de crecimiento estacionario y el reactor opera bajo una carga másica superior, lo que reduce las necesidades de microorganismos en el reactor biológico. La producción en exceso suele ser considerablemente más alta que en caso anterior.

La carga másica es una variable de diseño del reactor biológico, pero también lo es de control del mismo. Es recomendable que en operación el reactor biológico funcione con una carga másica constante, puesto que la carga másica condiciona no sólo la fase de crecimiento microbiano que se alcanza, sino también el tipo de población microbiana.

Tiempo de retención celular

Es el tiempo durante el cual los microorganismos se encuentran en el proceso biológico. Se estima el tiempo de retención celular como la relación entre la masa de microorganismos presentes en el reactor biológico y los que han de abandonar el sistema diariamente (purga del decantador secundario y los que se van con el efluente).

El tiempo de retención celular está ligado a la CM y es un parámetro fundamental de diseño, ya que fija el rendimiento de la instalación.

Tiempo de retención hidráulico

El tiempo de retención hidráulico es el tiempo durante el cual los microorganismos (fangos activos) están en contacto con el agua. Se expresa como una relación entre el volumen del reactor biológico y el caudal de agua a procesar.

Caudal de purga y de recirculación

Para que el proceso se encuentre equilibrado, es necesario que se haga de forma continua para que se retorne al reactor biológico una masa de microorganismos a fin de mantener la carga másica

constante. De la misma forma se requiere eliminar de forma mediante la bomba de purga una masa de microorganismos que ha proliferado en exceso.

Necesidades de oxígeno

Es importante conocer la necesidad de oxígeno que va a tener la biomasa presente en el reactor para que el proceso se opere correctamente.

DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL REACTOR BIOLÓGICO:

La carga contaminante que entra al reactor biológico es:

ENTRADA AL BIOLÓGICO			
Parámetros	(ppm)	(kg/h)	(kg/d)
DBO	397.375	23.180	556.32
SS	52.5	3.062	73.50
NTK	76.5	4.620	110.88
GYA	70	4.083	97.99

Tabla 7: Parámetros de entrada.

➤ Cálculo de la CM

Según la legislación, la cantidad de DBO que se admite en la línea de agua es de 25ppm, por lo tanto el reactor tiene que tener un rendimiento que pueda conseguir esa eliminación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{DBO_{IN} - DBO_{OUT}}{DBO_{IN}} * 100 = \frac{397.375 - 25}{397.375} * 100 = 93.71\%$$

Una vez calculado el rendimiento, se puede obtener la carga másica mediante una tabla que relaciona ambos parámetros:

Rendimiento del proceso (%)	CM (kgDBO/d)/kg MLSS
87	0.5
88	0.4
90	0.3
92	0.2
93	0.1
94	0.05

Tabla 8: Valores de CM en función del rendimiento del proceso.

La carga másica del proceso es de 0.05, y una vez que se obtiene este valor, comprobamos en la tabla que se encuentra dentro del rango de aireación prolongada.

PROCESO	$CM = \frac{KgDBO/d}{KgMLSS}$	$CV = \frac{KgDBO/d}{m^3}$	MLSS mg/L	Fase de crecimiento
Convencional	0,2-0,4	0,3-0,7	1500-3500	Estacionario
Mezcla completa	0,2-0,6	0,6-1,6	2000-5000	
Aireación prolongada	0,15-0,05	0,10-0,35	2500-6000	Endógeno
Oxígeno	0,2-0,1	1,2-3,5	4000-8000	Exponencial

Tabla 9 . Parámetros típicos de cálculo de procesos de lodos activos.

La cantidad de sólidos en suspensión presentes en la línea de agua se estiman teniendo en cuenta, como ocurría con la carga másica, el rango de valores, en este caso el valor estimado es de **4500mg/l**, y la concentración de los sólidos va a ser de 4.75 kg/m^3 .

➤ *Cálculo del volumen del reactor:*

$$V(m^3) = \frac{DBO_{IN}}{CM(kg/d / kg * X(kg/m^3))} = \frac{556.32}{0.05 * 4.75} = 2400m^3$$

Conociendo el volumen se puede determinar:

- La carga volumétrica a partir de la ecuación:

$$CV(kg/m^3 * d) = \frac{DBO_{IN}(kg/d)}{V(m^3)} = \frac{556.32}{2400} = 0.24kg/m^3 * d$$

- El tiempo de residencia que va a permanecer la biomasa en el reactor:

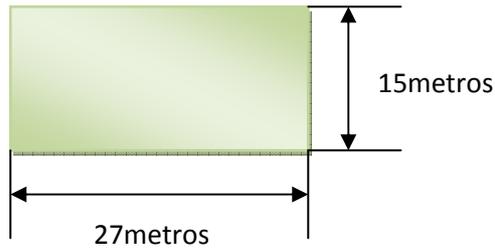
$$Tr(h) = \frac{Volumen(m^3)}{Q_{IN}(m^3/h)} = \frac{2400}{58.33} = 40horas$$

➤ *Cálculo de la superficie*

Para calcular la superficie hay que saber la profundidad que va a tener el reactor, en este caso es de 6 metros.

$$Superficie(m^2) = \frac{Volumen(m^3)}{Profundidad(m)} = \frac{2400}{6} = 390.40m^2$$

El diseño de la balsa biológica (vista desde planta) es rectangular con las siguientes medidas:



➤ *Necesidades de oxígeno*

El proceso va a tener unas necesidades de oxígeno para la eliminación de DBO, respiración endógena de la biomasa presente en la balsa y para la oxidación del nitrógeno amoniacal.

La cantidad de oxígeno que precisa el sistema es:

$$OR(kg/d) = a * L * \frac{R}{100} + b * M + 4.75 * Ln = 1375.79 kg/d$$

Siendo:

L : DBO de entrada al reactor en kg/d.

a: coeficiente de síntesis

b: coeficiente de respiración endógena.

V: volumen del reactor (m³).

X: concentración de los sólidos en suspensión en kg/d.

Los valores de 'a' y 'b' se obtienen de una tabla que relaciona la carga másica con ambos coeficientes.

Los kilogramos de oxígeno que se consume en el reactor por cada kilogramo de DBO eliminada se puede calcular mediante la fórmula:

$$kgO_2 / kgDBO_{eliminada} = \frac{OR(kg/d)}{DBO_{IN}(kg/d) * \frac{Rdto.}{100}} = \frac{1375.79}{556.32 * \frac{93.71}{100}} = 2.64 kgO_2 / kgDBO_{eliminada}$$

➤ *Cálculo de los difusores*



Figura 14: Imagen de los difusores de un reactor biológico.

Los sistemas de aireación son los encargados de introducir aire (oxígeno) en el reactor con el fin de optimizar el proceso y todo se desarrolle correctamente. Hay que determinar la cantidad de aire que va a necesitar, en el proyecto de la depuradora que se está realizando, esta cantidad de aire va a ser aportada mediante difusores tipo Norton.

$$kg \text{ aire} / hora = \frac{OR(kg/d) * \frac{100}{23} * \frac{100}{24}}{24} = \frac{1375.74 * \frac{100}{23} * \frac{100}{24}}{24} = 1038.49 kg \text{ aire} / hora$$

m3 aire/h	865.41
m3 aire/difusor Norton*h	4.00

Tabla 10. Volumen de aire por difusor.

El número de difusores necesario para poder inyectar la cantidad de aire necesaria es:

$$Numero \ de \ difusores = \frac{m^3 \text{ aire} / h}{m^3 \text{ aire} / \text{difusor Norton} * h} = \frac{865.41}{4} = 216.35 \text{ difusores}$$

La distribución de los difusores a través de toda la balsa biológica va a depender de la cantidad de contaminante que va a haber de forma que en las zonas donde haya una mayor carga habrá un mayor número de difusores. Esta zona con mayor carga suele ser a la entrada de la línea de agua.

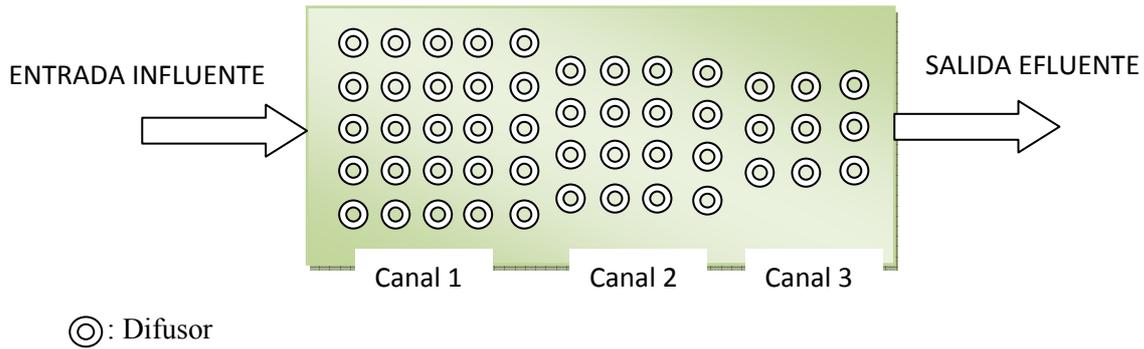


Figura 15: Esquema difusores.

La disposición real de los difusores será:

Canal 1	5 filas	125 difusores
	25 columnas	
Canal 2	4 filas	80 difusores
	20 columnas	
Canal 3	4 filas	60 difusores
	15 columnas	

Tabla 11: Distribución de difusores.

➤ *Caudal de recirculación y de purga*

El reactor biológico va a tener una recirculación interna para poder conseguir un alto rendimiento, y que la biomasa permanezca constante.

$$Q_{\text{Recirculación}} \text{ (m}^3 \text{ / d)} = \frac{Q(\text{m}^3 \text{ / h}) * X}{X_{\text{recirculación}} - X} = \frac{58.33 * 4.75}{6 - 4.75} = 221.66 \text{ m}^3 \text{ / h}$$

X: concentración de sólidos en suspensión.

X_{recirculación}: es la concentración de los sólidos presentes en el caudal de recirculación. Se ha estimado que es de 6kg/m.

$$AS \text{ (kg / d)} = 1.2 * Le * CM^{0.23} + Le * \left\langle \frac{SS_{IN} \text{ (ppm)}}{DBO_{IN} \text{ (ppm)}} - Xn \right\rangle * 0.5 = 192.13 \text{ kg / d}$$

Le: DBO eliminada en el proceso en kg/d.

Xn: concentración del caudal de purga, se ha estimado que es de 0.6kg/m³.

$$Q_{purga} (m^3 / d) = \frac{AS (kg / d) * 100}{1000 * Xn} = \frac{192.13}{1000 * 0.6} = 221.66 m^3 / h$$

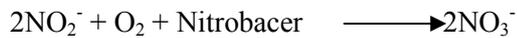
DESNITRIFICACIÓN

Para la eliminación de NTK se puede realizar una desnitrificación, y para que este proceso sea posible es necesario que se den dos etapas:

- Primero tiene lugar la reacción (la cual es llevada a cabo por bacterias de género nitrosomas) la oxidación del nitrógeno orgánico y amoniacal a nitrito:



- En segundo lugar se produce la oxidación de nitrito a nitrato:



El proceso ocurre cuando la cantidad de oxígeno en el medio es mínima para cubrir las necesidades tiene la biomasa de este elemento y por tanto cogen el oxígeno disponible en la molécula del nitrato, a la vez que se desprende nitrógeno gas, consiguiendo así las condiciones adecuadas para que el proceso se lleve a cabo de forma óptima.

Va a haber una recirculación del 200% de la corriente que arrastra los nitratos.

Este reactor anóxico va a tener el mismo diseño que el reactor biológico pero con una reducción del 80% del mismo:

$$\text{Volumen reactor anóxico} = 2400 * 0.2 = 480 m^3$$

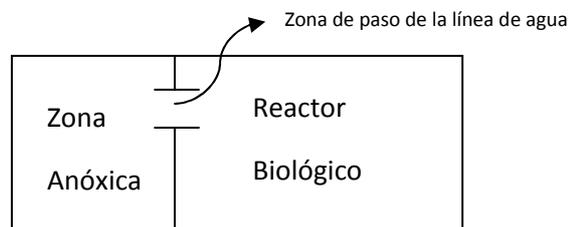


Figura 16: Distribución reactor biológico con desnitrificación.

DECANTADOR SECUNDARIO

La decantación es un proceso fijo de eliminación de sólidos en suspensión por diferencia de densidad, de tal forma que las partículas con mayor densidad que el agua, son separadas por la acción exclusiva de la gravedad. En los decantadores no se separa lo siguiente:

- Sólidos en suspensión muy finos.
- Sólidos en suspensión en estado coloidal.
- Aquellos con una densidad próxima o inferior a la del agua tratada.

Los sólidos en suspensión son extraídos en forma de lodos o fangos por el fondo de los equipos. En aquellos casos en los que tengamos además sólidos en suspensión de naturaleza orgánica que generen DBO, se van a ver reducidos también en este proceso.

El fundamento del proceso consiste en la diferencia de peso específico entre la partícula sólida a separar y el agua, de tal forma que una disminución de la velocidad ascensional del agua a un valor menor que la de caída del sólido, permite que la materia sedimentable se deposite en el fondo del decantador.

La biomasa procedente del reactor biológico se introduce en un decantador secundario, donde se produce una floculación o aglomeración de microorganismos sobre partículas sólidas, y con una densidad suficiente como para producirse su sedimentación. Dicho fango decantado es extraído y recirculado al reactor biológico con el fin de mantener una concentración apropiada, o bien es purgado el fango en exceso.

El buen funcionamiento del decantador secundario es esencial para evitar el deterioro de la calidad del efluente final.

Los cálculos para el diseño del decantador secundario tienen la siguiente forma:

$$Sh (m^2) = Q (m^3/h)/CH (m/h)$$

$$Vol (m^3) = Q (m^3/h)*Tr (h)$$

$$h (m) = Vol (m^3)/Sh (m^2)$$

Donde:

Sh: superficie, m²

Q: caudal, m³/hr

CH: carga hidráulica, m/hr

Vol: volumen del decantador, m³.

Tr: Tiempo de retención, hr.

En el diseño de los decantadores secundarios o biológicos, los parámetros utilizados son:

$$CH=0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$$

$$Tr=5 \text{ hr.}$$

Y con el caudal medio en este caso de $58.33 \text{ m}^3/\text{h}$, se obtienen las siguientes dimensiones:

Superficie (m²)	117
Volumen (m³)	292
Diámetro (m)	12
Altura (m)	3

Tabla 12: Dimensiones del equipo.

El volumen adaptado será de 300 m^3 y la superficie del equipo de 120 m^2 .

Los decantadores circulares consisten en una cuba normalmente construida en hormigón, en la cual la alimentación es introducida por la parte central, que dispone de una campana responsable de disipar la energía cinética con que entra el agua en el equipo y la distribución del flujo en todas las direcciones. La salida del agua clarificada se lleva a cabo a través de un vertedero periférico el cual suele ser de aluminio con formas de dientes de sierra y está protegido por una placa deflectora para evitar la salida de los flotables.

TRATAMIENTO DE FANGOS

Del proceso de tratamiento de las aguas residuales de la central se producen unos lodos o fangos con unas concentraciones de sólidos en suspensión muy diluidas que hay que concentrar y tratar antes de su evacuación de la planta de tratamiento. De esta forma se debe introducir en el diseño de la instalación una línea de tratamiento específica, la cual conlleva alto coste y complejidad.

En la instalación se obtienen dos tipos de fangos:

- Fangos procedentes del flotador: Estos fangos son separados por superficie en forma de espumas, siendo la cantidad de estos fangos alta, puesto que además de eliminar los sólidos en suspensión que contiene el agua residual, elimina gran parte de las grasas y aceites y además el hidróxido de hierro formado por la adicción de cloruro férrico en el proceso de coagulación. Los porcentajes de eliminación en el flotador son:
 - o 80% de los sólidos en suspensión.
 - o 80% de grasas y aceites.
 - o 15% Nitrógeno.
 - o 100% hidróxido de hierro

Estos fangos de flotación se encuentran a una concentración del 3%.

- Fangos secundarios obtenidos en el decantador secundario (posterior al reactor biológico) con una concentración del 0,6% debido a que el proceso biológico es de oxidación total. Estos fangos están compuestos principalmente por biomasa que se trata de materia orgánica fácilmente biodegradable, por lo cual presenta unos valores de DBO muy elevados.

El objetivo fundamental de los procesos de tratamiento de fangos, es la obtención de un sólido final estable, con un grado de deshidratación adecuado para que sea fácilmente evacuable de la planta hacia el destino final. Dentro de la línea de tratamiento de fangos y de sus procesos se llevan a cabo los siguientes objetivos:

- Concentrar los fangos diluidos obtenidos en los procesos anteriores, de tal forma que los tratamientos posteriores en la línea de fangos requieran menor tamaño.
- Destruir o estabilizar la materia orgánica biodegradable presente en los fangos con el fin de conseguir su estabilidad. Esto se consigue con el digestor aerobio utilizado.
- Deshidratar los fangos estabilizados para obtener un sólido que sea fácilmente transportable hacia el destino final.

Con el fin de optimizar el tratamiento de los fangos obtenidos se ha considerado adecuado realizar una recirculación de los fangos secundarios a la entrada del floculador. De esta forma se elimina el espesado de la línea de fangos ya que los obtenidos del flotador se encuentran al 3% de concentración y no requerirían espesado.

En cambio los del decantador secundario están al 0,6%, y por esto se procede a recircularlos.

De esta manera hay un ahorro de coste al evitar implantar un equipo, y al mismo tiempo se evitan los malos olores que este ocasionaría.

Debido a esta decisión, hay que proceder a recalcular todos los equipos a partir del floculador, que es donde va la recirculación de los fangos secundarios.

Aparte, además, el caudal ya no será el mismo, ya que existe un caudal adicional que se le suma al medio a partir del floculador debido al proceso de recirculación. Este caudal es el caudal de purga que sale del decantador secundario y se recircula al floculador ($Q=32.75 \text{ m}^3/\text{d}$), quedando un caudal total de $59.7 \text{ m}^3/\text{h}$.

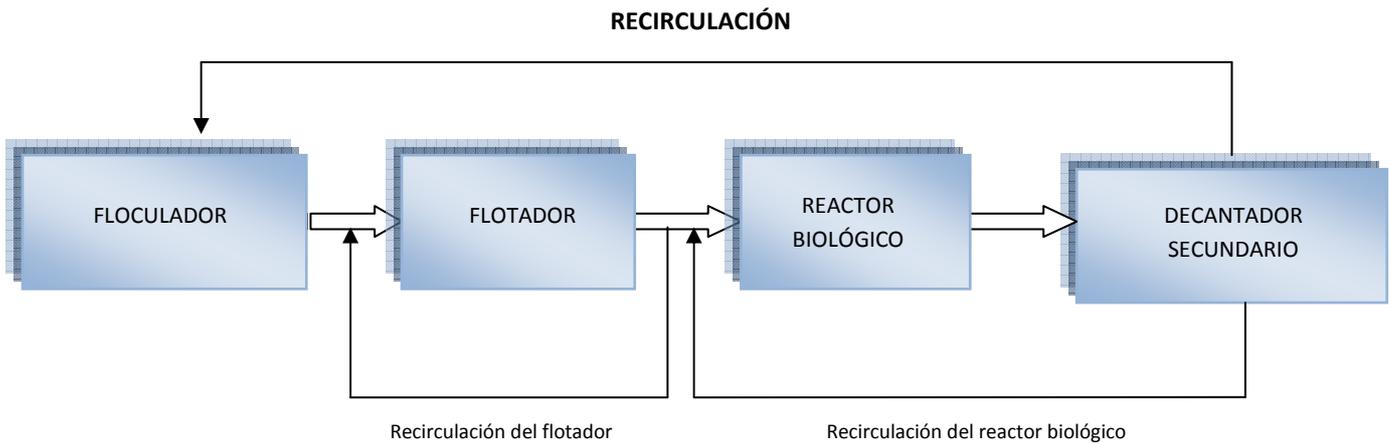


Figura 17: Esquema recirculación.

Los fangos recogidos procedentes del flotador pueden ser introducidos directamente en el digestor aerobio antes de pasar a la etapa de deshidratación.

➤ ESTABILIZACIÓN

Una parte importante del fango puede ser materia orgánica biodegradable por lo cual es imprescindible su destrucción antes de su evacuación de la planta depuradora. Dicha estabilización puede llevarse a cabo de dos formas: químicamente o de forma biológica (también denominado digestión) como es el caso de esta instalación.

El mecanismo de destrucción de la materia orgánica es por tanto por medio de microorganismos siendo realizado el proceso de digestión vía aerobia.

En los procesos aerobios el agua se introduce en una balsa con un tiempo de retención elevado y se introduce aire con el fin de producir la degradación de la materia orgánica, manteniéndolos un tiempo adecuado para que la oxidación de la materia orgánica tenga lugar. De esta forma se consigue obtener unos fangos muy mineralizados y por tanto muy estables. Este tipo de procesos en comparación con la estabilización vía anaerobia conlleva un elevado gasto energético además de otras diferencias como

	Estabilización Anaerobia	Estabilización aerobia
Coste implantación	Elevado	Medio
Tiempo puesta en marcha	Elevado	Corto
Consumo energético	Genera energía	Elevado
Control	Difícil	Fácil
Operación	Difícil	Fácil

En la digestión aerobia se producen unos productos finales como son CO₂, H₂O, NO₃⁻, etc. por lo que no se generan olores importantes como mediante vía anaerobia.

Este método de estabilización se lleva a cabo en plantas industriales debido a las cantidades reducidas de fango generado.

Normas generales de diseño:

- Los digestores aerobios consisten en balsas de hormigón, de forma rectangular, encontrándose la alimentación y la salida de estos equipos en los dos lados mas cortos y opuestos.
- La profundidad ha sido fijada por las turbinas utilizadas en el proceso de aireación, siendo estos equipos idénticos a los utilizados en el sistema biológico descrito anteriormente.
- La forma de operación consiste en parar un cierto tiempo la aireación para así permitir la decantación del fango. A continuación se introducirá la nueva alimentación de fango al reactor. El sobrenadante obtenido se envía a cabeza de tratamiento.

Cálculos de diseño:

$$Q \text{ (m}^3\text{/día)} = \text{Fangos (Kg/día)} * 100 / (6 * 1000)$$

$$\text{Vol (m}^3\text{)} = Q \text{ (m}^3\text{/día)} * \text{Tr (días)}$$

El total de fangos a tratar será lo que se elimina en el flotador, es decir, 1009.68 kg/d.

La cantidad anterior de fangos es la que entra al digestor aerobio, el cual, para un tiempo de retención de 10 días, resulta de las siguientes dimensiones:

Q fangos entr. (m³/d)	33.7
Volumen (m³)	380
Lado adoptado (m)	20
Altura (m)	4

Tabla 13: Dimensiones del equipo.

$$\underline{\underline{VOLUMEN DIGESTOR AEROBIO = 380 \text{ m}^3}}$$

Los **fangos eliminados** salen con una concentración del 40%, quedando entonces **282.7 kg/d.**

➤ DESHIDRATACIÓN

El fango espesado y estabilizado tiene una concentración todavía muy baja, encontrándose en forma líquida y con gran volumen.

El objetivo de esta etapa es alcanzar la sequedad adecuada en el fango para que se encuentre en estado sólido. La sequedad mínima o concentración mínima de sólidos en el fango es del 20-25% para que lo admitan en vertedero. En vertederos de seguridad te exigen una sequedad mayor al 35% pero no es el caso de esta instalación de tratamiento de fangos. El fango viene a la deshidratación con un 3% de sequedad.

Dentro de los procesos de deshidratación utilizados se encuentran la centrifugación y filtración.

La elección del sistema adecuado de deshidratación viene condicionada por los siguientes factores:

- Costes de transporte del fango deshidratado, ya que a mayor sequedad de la torta menor peso transportado y por tanto menor coste.
- Limitaciones fijadas por el vertedero de destino.
- En el caso de que el destino final sea incineración, se hace necesaria una buena deshidratación para disminuir al máximo los costes energéticos.

El sistema de deshidratación que se ha llevado a cabo en esta planta ha sido la centrifugación.

Consiste en la separación de las partículas sólidas de mayor densidad que el agua presentes en el fango debido a las fuerzas de tipo centrífugo, lo que provocará dentro del rotor de la centrifuga un desplazamiento de los fangos hacia la periferia, permitiendo la salida del agua por el centro y forzándose la salida de los fangos mediante un tornillo sin fin interior.

La cantidad de fangos a deshidratar son 727 Kg/día por lo tanto el caudal de fangos que entra en este equipo (el que sale del digester es de 12.0 m³/d.

$$Q_{\text{fangos}} = (\text{Kg/día fangos} * 100) / (6 * 1000)$$

Es habitual que los sistemas de deshidratación no trabajen de forma continua, por lo que es necesario prever de algún sistema de acumulación de fangos.

El tiempo de uso elegido para las centrífugas será de 5 días a la semana y 3 horas al día, por lo que el caudal de fangos a la semana es de 60.6 m³/semana.

Se coloca una única centrífuga y se construye un tanque de almacenamiento de unos 50 m³ para almacenar los fangos generados durante el sábado y el domingo (ya que no trabajaría los fines de semana). Así se ahorra el coste de construcción de otra centrífuga.

Se obtiene un caudal para la centrífuga de 4 m³/hr.

Para conseguir un alto grado de sequedad es necesario acondicionar los fangos a deshidratar para neutralizar los coloides presentes, lo que se realiza con la adición de un polielectrolito. Si no se adicionara se perderían las partículas más pequeñas con el efluente. El floculante químico más apropiado para este tipo de fangos es un polielectrolito catiónico y su consumo es de 4,0 a 6,0 kg/Tn fangos.

$$4 \text{ kg Polielectrolito/ Tn fangos} * 0,727 \text{ Tn/día fangos} = 2,9 \text{ Kg/día de polielectrolito.}$$

Teniendo en cuenta que la centrífuga trabajará 5 días a la semana y durante 3 horas al día, es necesario 1,36 kg/hr de polielectrolito.

Para determinar el peso de la torta obtenido se debe considerar que se alcanza un secado del 25%:

$$727 \text{ Kg/día fangos} * 0,25 = 182 \text{ Kg/ día torta.}$$

El agua obtenida en el efluente se devolverá a cabecera de planta.

4. ANEXO I

TABLAS

DATOS DE PARTIDA

Se parte de un caudal medio de 58.33m³/h y un máximo de 100m³/h.

Los parámetros de partida con los que se trabaja y a los que debemos llegar son:

	ENTRADA	SALIDA
DBO (mg/l)	850	25
SS (ppm)	350	35
NTK (ppm)	90	15
P (ppm)	10	2

El valor de la DQO es de 1500 ppm y grasas y aceites unos 350 ppm.

REJAS

Se parte de los siguientes datos:

Luz (mm)	15
V (m/s)	0.8
Espesor (mm)	10
Coef. colmatación	0.7
Inclinación (°)	85

Con esta tabla se calcula la superficie tanto para caudal máximo como para caudal medio. Quedándose así con la **superficie mayor**, que en este caso es para el **caudal máximo**:

		Superficie (m ²)
Q_{max}(m³/h)	100	0.08
Q_{med}(m³/h)	58.33	0.05

La superficie mojada será en este caso la misma, es decir, 0.08m².

En base a esta superficie se obtiene una **base de 0.3m** y una **altura de 0.42m**.

Según lo obtenido, se colocarán dos rejillas. Una en funcionamiento, que será circular porque es muy pequeña y para tener hueco para el sistema de limpieza, y otra de repuesto, que será manual y rectangular.

SISTEMAS DE BOMBEO

Para cubrir el caudal máximo de 100m³/h, se colocan dos bombas (una de repuesto) de 60m³ cada una.

Las bombas van a tener un variador de frecuencia que va a permitir la variación del 30%, siendo el rango de caudales entre 42-60m³.

TAMIZ

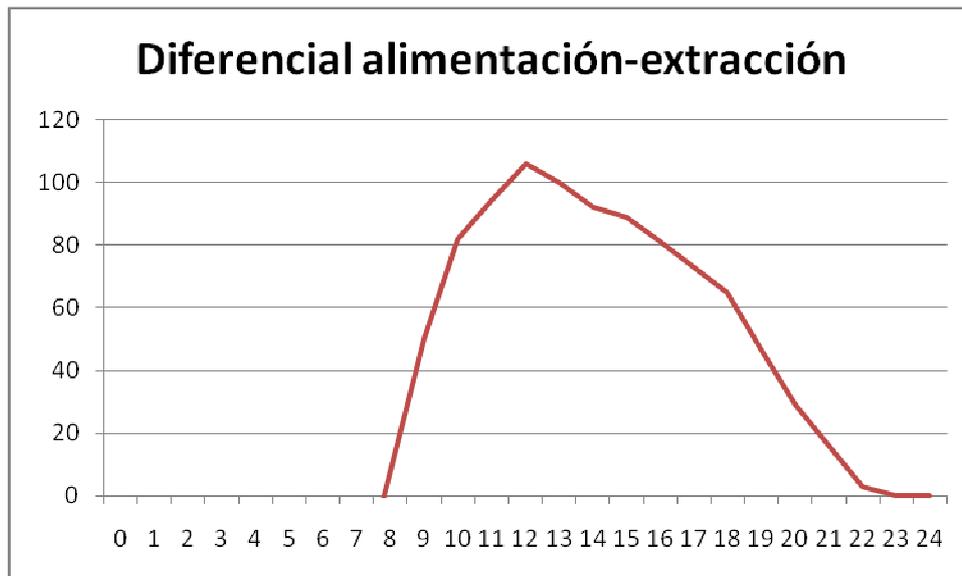
Para el caudal máximo de 100 m³/h el modelo seleccionado es Filtramass GF63060, con una luz de 0.75mm y con sistema de lavado.

En este proceso la eliminación de DBO es del 15%, y la eliminación de SS es de 25%, quedando entonces **722.5 ppm de DBO y 262.5 ppm SS, con pasos de luz muy finos.**

TANQUE DE REGULACION

El volumen del tanque de regulación hay que sobredimensionarlo en un 15%, quedando un volumen de 217m³.

Horas	Alimentación	Acumulada IN	Extraído	Acumulado OUT	Diferencial alim-extr
0	40	40	58	58	-18
1	40	80	58	116	-36
2	40	120	58	174	-54
3	45	165	58	232	-67
4	45	210	58	290	-80
5	50	260	58	348	-88
6	70	330	58	406	-76
7	100	430	58	464	-34
8	100	530	58	522	8
9	100	630	58	580	50
10	90	720	58	638	82
11	70	790	58	696	94
12	70	860	58	754	106
13	49	909	55	809	100
14	50	959	58	867	92
15	55	1014	58	925	89
16	50	1064	58	983	81
17	50	1114	58	1041	73
18	50	1164	58	1099	65
19	40	1204	58	1157	47
20	40	1244	58	1215	29
21	45	1289	58	1273	16
22	45	1334	58	1331	3
23	55	1389	58	1389	0
24	58	1447	58	1447	0



COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

TANQUE DE REACTIVO:

El reactivo empleado será el cloruro férrico para el proceso de coagulación. La cantidad utilizada de éste es de 200 ppm (con una concentración de 10%), por lo que el tanque, calculado a caudal medio, tendrá las siguientes dimensiones:

React. a dosificar (ppm)	200
React. Dosif. (kg/m³)	0.2
Q (kg/h)	11.7
[reactivo] (%)	10
Q (l/h)	116.7
Volumen (m³)	1.0
Diámetro (m)	1.1
Altura (m)	1.4

El turno de trabajo de éste tanque será de 8h al día.

VOLUMEN=1.0 m³.

BOMBA DOSIFICADORA:

Se colocará una bomba para dosificar el reactivo:

Reactivo a dosificar (ppm)	200
React. dosif. (kg/m ³)	0.2
Q bomba (kg/h)	11.7
[reactivo](%)	10
Q bomba adaptado(l/h)	120

Se obtiene un **CAUDAL DE BOMBA=120 l/h.**

COAGULADOR:

Para dimensionar el tanque de coagulación:

	Tr (min)	V (m ³)	Diámetro (m)	Altura (m)
Qmed (m ³ /h)	58.3	3	2.9	1.8

El coagulador será de un **VOLUMEN de 4 m³**, ya que es de 2.9 m³ y a éste hay que sumarle el 20% de sobredimensionamiento.

El tanque será cilíndrico porque el diámetro calculado es menor de 3 m. Al tener agitación vigorosa y ser cilíndrico, se colocan de **tres a cuatro cortacorrientes** para evitar salpicaduras fuera del mismo.

El ancho de dichos cortacorrientes será un 10% del diámetro, y la altura de estos un 80% de la altura del coagulador:

Ancho cortac.	Altura cortac.
0.1	1.5

Quedando un **ancho de 0.1 m y una altura de 1.5 m.**

FLOCULADOR:

Al igual que en el coagulador, se calcula el volumen para cada uno de los dos caudales y el mayor obtenido será el seleccionado.

	Tr (min)	Volumen (m ³)	Lado (m)	Altura (m)
Qmedio (m ³ /h)	58.3	30	29	3.4

El **VOLUMEN será de 34 m3**, ya que al obtenido se le añade un sobredimensionamiento del 15%.

En base al diámetro obtenido (mayor de 3), el floculador será cúbico.

En este tanque se utiliza agitación mecánica, disponiendo de un variador de velocidad en el proceso de floculación con el fin de ajustar la velocidad según el tipo de flóculo formado.

FLOTADOR

Datos:

Tr (min)	60
T (°C)	30
CH (m3/m2*h)	3
CM (kg/m2*h)	5
Presión (atm)	5
Solub aire-agua (ppm)	9.42
p (kg aire/kg sol.)	0.04

Para calcular la carga contaminante que entra al flotador se suman los sólidos en suspensión que entran (15.31 kg/h), las grasas y aceites de entrada (20.42 kg/h) y el hidróxido de hierro entrante (7.68 kg/h), quedando una **carga contaminante de 43.41 kg/h**.

Con todo esto calculamos el caudal de recirculación y el total:

Xs-p (kg/m3)	0.08
A (kg aire/h)	1.74
Qr (m3/h)	22.12
Q total (m3/h)	80.45

Y así se obtiene un equipo de **superficie de 27 m2** y **VOLUMEN de 81 m3**, con un **diámetro de 6 m** y **una altura de 3 m**.

BIOLOGICO

Conociendo la entrada de DBO al reactor biológico más los siguientes datos,

DBO entr. (ppm)	397
DBO entr. (kg/d)	556
MLSS (ppm)	4500
Rendimiento (%)	94
CM (kg/kg*d)	0.05
X (kg MLSS/m3)	4.75

El rendimiento de 94% (CM=0.05 y MLSS=4500) indica que se trata de un **PROCESO DE AIREACIÓN PROLONGADA (OXIDACIÓN TOTAL)**.

El **volumen del reactor es de 2400 m3**.

A partir del volumen y el caudal se calcula el tiempo de residencia y la carga volumétrica, $T_r=40.20$ h y $CV=0.24$ kg/m³*d

Así se obtiene la **profundidad y la superficie del reactor, 6 m y 400 m2 respectivamente**.

Para conocer la cantidad de oxígeno (necesidades de oxígeno) diario preciso en el proceso, hay que determinar previamente la cantidad de nitrógeno amoniacal que existe en el reactor, **NTK=79.2 ppm (110.88 kg/d)**. Además se necesita saber la biomasa en el reactor, M, que resulta ser de 11126.44 kg, y los valores de a y b en función de la carga másica del sistema biológico, que en este caso, al tener una CM de 0.05, los valores serán:

$$a = 0.66 \text{ y } b = 0.04$$

Con todos estos datos se obtiene una **OR de 1376 kg/d**.

Para suministrar esta cantidad de oxígeno se coloca una serie de difusores, los cuales se calculan conociendo la cantidad de aire necesaria a la hora:

kg O2/kg DBO elim.	2.64
kg aire/h	1038.49
m3 aire/h	865.41
m3 aire/difusor Norton*h	4.00

Para estos m3 de aire a la hora y por difusor Norton, tenemos 216 difusores, los cuales hay que colocar a lo largo del reactor obteniendo el siguiente reparto:

	Distribución	Filas	Columnas	DIFUSORES
CANAL 1 (Ppio 42%)	91	5	25	125
CANAL 2 (Medio 35%)	76	4	20	80
CANAL 3 (Final 23%)	50	4	15	60

Quedando un total de **265 difusores**.

A lo largo de este proceso **se eliminan 521 kg/d de DBO**. Sabiendo que la relación SS a la entrada del biológico/DBO a la entrada del biológico es de 0.13, se obtiene una **producción de fangos en exceso de 192 kg/d** y un **caudal de purga de 32 m3/d**.

El **caudal de recirculación es de 221.7 m3/d** (siendo $X_r=6$ kg/m3).

A continuación se procede a la desnitrificación, ya que teniendo en el reactor 4.62 kg/h de NTK y una necesidad del mismo en dicho reactor de 0.93 kg/h, se obtiene un excedente de nitratos del biológico (ya que en este reactor se oxida el NTK a nitratos) de 3.69 kg/h, el cual hay que eliminar para cumplir la legislación. Para esto se procede a una desnitrificación pasando estos compuestos a nitrógeno gaseoso. Así se construye una zona anóxica de un volumen de 480 m3 (el 20% del volumen del biológico). Existe una recirculación de un 200% de nitratos.

De este modo resulta un **VOLUMEN TOTAL = 2880 m3.**

DECANTADOR SECUNDARIO

En el diseño de los decantadores secundarios o biológicos, los parámetros utilizados son:

$$CH=0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h} \text{ y } Tr=5 \text{ h.}$$

Y con el caudal medio en este caso de 58.33 m3/h, se obtienen las siguientes dimensiones:

Superficie (m2)	117
Volumen (m3)	292
Diámetro (m)	12
Altura (m)	3

El **VOLUMEN adaptado será de 300 m3** y la **superficie quedará en 120 m2.**

TRATAMIENTO DE FANGOS

Llegado este paso se ha decidido no llevar a cabo el proceso de espesado, por lo tanto, los fangos llegan al digestor y de ahí al deshidratador.

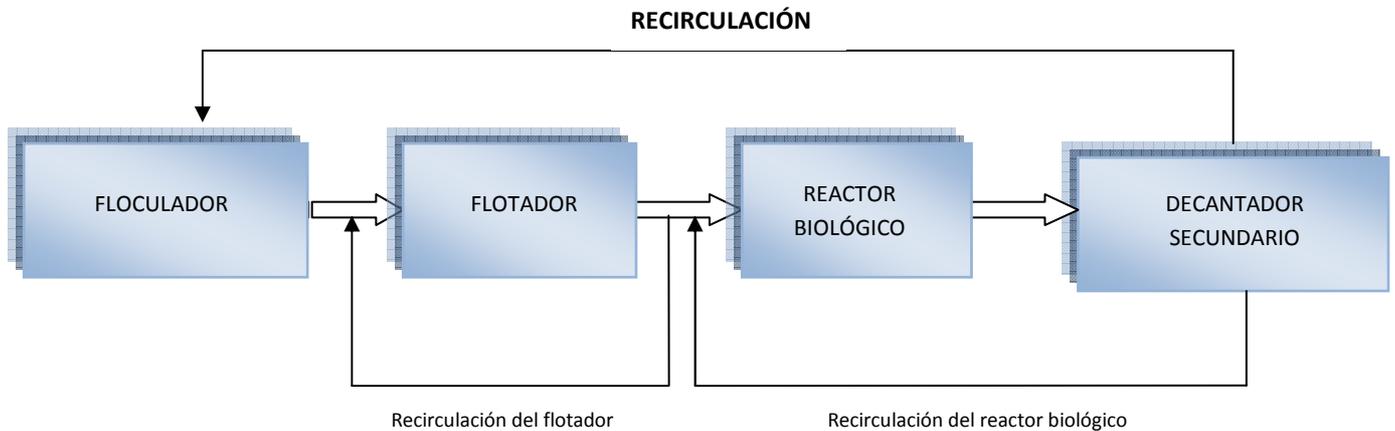
Al no tener espesador de fangos en la planta, se realiza una recirculación de los fangos secundarios (decantador secundario) al floculador, para así minimizar la entrada de estos al digestor y prescindir del espesador.

De esta manera hay un ahorro de coste al evitar implantar un equipo, y al mismo tiempo se evitan los malos olores que este ocasionaría.

Los fangos que llegan del flotador están a un 3% de concentración, por lo que tampoco sería necesario espesarlos. En cambio los del decantador secundario están al 0.6%, y por esto se procede a recircularlos.

Debido a esta decisión, hay que proceder a recalcular todos los equipos a partir del floculador, que es donde va la recirculación de los fangos secundarios.

Aparte, además, el caudal ya no será el mismo, ya que existe un caudal adicional que se le suma al medio a partir del floculador debido al proceso de recirculación. Este caudal es el caudal de purga que sale del decantador secundario y se recircula al floculador ($Q=32.75 \text{ m}^3/\text{d}$), quedando un **caudal total de 59.7 m³/h**.



- **Cálculo de los equipos definitivos:**

FLOCULADOR (con recirculación)

Este tanque de floculación un metro cúbico mayor que el base. Esto es porque el nuevo caudal tomando en cuenta el proceso de recirculación, es algo mayor que el inicial y apenas influye en el cálculo del volumen de dicho tanque.

VOLUMEN FINAL=35 m³ (sobredimensionamiento del 15%).

FLOTADOR (con recirculación)

Datos:

Tr (min)	60
T (°C)	30
CH (m³/m²*h)	3
CM (kg/m²*h)	5
Presión (atm)	5
Solub aire-agua (ppm)	9.42
p (kg aire/kg sol.)	0.04

La carga contaminante en este caso será, como en el primer flotador, la suma de los sólidos en suspensión, las grasas y aceites y el hidróxido de hierro, pero además, a esto se le tiene que añadir los fangos del decantador secundario, debido a la recirculación ($AS=196.52$ kg/d). Obteniendo una **carga contaminante de 52.60 kg/h.**

Teniendo en cuenta esto el caudal de recirculación y el total:

Xs-p (kg/m ³)	0.08
A (kg aire/h)	2.10
Qr (m ³ /h)	26.80
Q total (m ³ /h)	86.50

Y así obtenemos un equipo de **superficie de 29 m²** y **VOLUMEN de 85 m³**, con un **diámetro de 6 m** y **una altura de 3 m.**

BIOLÓGICO

La carga orgánica de ebrada a este reactor será la misma, al igual que la CM y el MLSS, y, por tanto, el rendimiento, por lo que seguimos estando en un **PROCESO DE AIREACIÓN PROLONGADA (OXIDACIÓN TOTAL).**

El volumen de este equipo será del mismo que el biológico base, ya que el **proceso de desnitrificación es el mismo, VOLUMEN FINAL=2880 m³**

Superficie y profundidad finales serán las mismas, es decir, **400 m² y 6 m respectivamente.**

NTK entr. Bio. (ppm)	79.20
M (kg)	11380.76
A	0.66
B	0.04
Ln (NTK, kg/d)	113.41
OR (kg/d)	1407.24
kg O ₂ /kg DBO elim.	2.64
kg aire/h	1062.22
m ³ aire/h	885.19
m ³ aire/difusor Norton*h	4

La cantidad de difusores en este caso es 221. El reparto queda igual:

	Distribución	Filas	Columnas	DIFUSORES
CANAL 1 (Ppio 42%)	90.87	5	25	125
CANAL 2 (Medio 35%)	75.72	4	20	80
CANAL 3 (Final 23%)	49.76	4	15	60

Por lo que el número definitivo de difusores es el mismo, 265.

Como se eliminan 533.2 kg/d de DBO y los SS a la entrada del biológico/DBO a la entrada del biológico es de 0.13, se obtiene una producción de fangos en exceso de 196.5 kg/d y un caudal de purga de 32.7 m3/d.

El caudal de recirculación es de 226.7 m3/d (siendo $X_r=6$ kg/m3).

DECANTADOR SECUNDARIO

Este equipo quedará de las mismas dimensiones que el base.

Superficie final = 120 m2 y VOLUMEN FINAL = 300 m3.

TRATAMIENTO DE FANGOS

El total de fangos a tratar será lo que se elimina en el flotador, es decir, 1009.68 kg/d.

- DIGESTOR AEROBIO:

La cantidad anterior de fangos es la que entra al digestor aerobio, el cual, para un tiempo de retención de 10 días, resulta de las siguientes dimensiones:

Q fangos entr. (m3/d)	33.7
Volumen (m3)	380
Lado adoptado (m)	20
Altura (m)	4

VOLUMEN DIGESTOR AEROBIO=380 m3.

Los fangos eliminados salen con una concentración del 40%, quedando entonces 282.7 kg/d.

- **DESHIDRATADOR:**

El **caudal de fangos que entra** en este equipo es el que sale del digestor, es decir, **12.0 m³/d**.

El tiempo de uso elegido para las centrifugas será de 5 días a la semana y 3 horas al día, por lo que el caudal de fangos a la semana es de **60.6 m³/semana**.

Se coloca una única centrifuga y se construye un tanque de almacenamiento de unos 50 m³ para almacenar los fangos generados durante el sábado y el domingo (ya que no trabajaría los fines de semana). Así se ahorra el coste de construcción de otra centrifuga. Se obtiene un **CAUDAL DE CENTRÍFUGA=4.0 m³/h**.

5. ANEXO II

TRATAMIENTO TERCIARIO: REUTILIZACION

Se estudia la posibilidad de reutilización del agua ya tratada en la planta para uso como riego de pastos para animales productores de leche.

El objetivo es obtener un agua reutilizada de la mejor calidad posible. Para ello hay que asegurar que a la planta no le lleguen contaminantes imprevistos. Esto se consigue mediante un control riguroso de los vertidos.

La reutilización de las aguas, después de su correcta depuración supone un uso adicional de esta. Con ello se contribuye al mantenimiento sostenible del recurso hídrico como bien escaso, utilizándolo con la calidad adecuada al uso previsto y permitiendo un ahorro en la producción de agua potable.

El tratamiento terciario que se realiza en la estación depuradora de agua residual de esta central lechera consiste en una serie de procesos posteriores al tratamiento convencional anteriormente explicado (tratamiento secundario o biológico) que reducen al máximo la contaminación orgánica generada en la central. El tratamiento terciario consigue que se llegue a un grado de depuración suficientemente elevado como para poderse utilizar en el fin propuesto.

El proceso de tratamiento necesario para que un agua residual pueda ser reutilizada se denomina generalmente regeneración (devolverle parcial o totalmente al agua el nivel de calidad que tenía antes de ser utilizada) y el resultado de dicho proceso, agua regenerada, cuyo aprovechamiento requiere:

- Transporte desde la planta de regeneración hasta su lugar de utilización.
- Almacenamiento o regulación para adecuar el caudal suministrado por la planta con los caudales previstos de reutilización.
- Definición de unas normas de utilización del agua que minimice los posibles riesgos directos o indirectos para el medio ambiente, las personas que la utilizan, la población circundante al lugar de uso y los consumidores de cualquier producto cultivado con el agua regenerada.

La implantación de un proyecto de regeneración de agua tiene dos requisitos complementarios:

- 1) Definir los niveles de calidad adecuados para cada uno de los posibles usos a que se piensa destinar el agua.
- 2) Establecer los procesos de tratamiento para obtener la calidad del efluente recomendado para cada uno de los usos previstos.

El Real Decreto 1620/2007 establece los criterios de calidad para la reutilización de efluentes depurados en función del uso que se le va a dar al agua regenerada.

USOS DEL AGUA PREVISTO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA)				Otros Criterios
	Huevos de nematodos intestinales	<i>Escherichia Coli</i> UFC/100 ml	Sólidos en suspensión mg/l	Turbidez NTU	
1.- USOS URBANOS					
CALIDAD 1.1 Residenciales: a) Riego de jardines domésticos. b) Descarga de aparatos sanitarios	1 huevo /10 L	0	10	2	<i>Legionella</i> spp. 100 UFC/L (cuando se prevea riesgo de aerosoles)
CALIDAD 1.2 Servicios urbanos: a) Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos, etc). b) Baldeo de calles. c) Sistemas contra incendios. d) Lavado industrial de vehículos	1 huevo /10 L	200	< 20	< 10	Otros contaminantes(1)
2.- USOS AGRÍCOLAS					
CALIDAD 2.1. a) Riego de cultivos para alimentación humana en fresco, con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles	1 huevo /10 L	100	20	10	<i>Legionella</i> spp. 1000 UFC/L (cuando se prevea riesgo de aerosoles) Presencia/ausencia de patógenos Otros contaminantes (1)
CALIDAD 2.2 a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne. c) Acuicultura	1 huevo /10 L	1.000	35	No se fija límite	<i>Taenia saginata</i> y <i>Taenia solium</i> 1 huevo / L (en riego de pastos para consumo de animales productores de carne) Presencia/ausencia de patógenos Otros contaminantes (1)
CALIDAD 2.3 a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana. b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones c) Riego de cultivos industriales, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.	1 huevo /10 L	10.000	35	No se fija límite	<i>Legionella</i> spp. 100 UFC/L Otros contaminantes (1)
3.- USOS INDUSTRIALES					
CALIDAD 3.1 a) Aguas de proceso y limpieza excepto en la industria alimentaria. b) Otros usos industriales	No se fija límite	10.000	< 35	15	<i>Legionella</i> spp. 100 UFC/L Otros contaminantes (1)

USO DEL AGUA PREVISTO	VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA)				Otros Criterios
	Huevos de nematodos intestinales	<i>Escherichia Coli</i> UFC/100 ml	Sólidos en suspensión mg/L	Turbidez NTU	
CALIDAD 3.1 c) Aguas de proceso y limpieza para uso en la industria alimentaria.	1 huevo / 10 l	1.000	< 35	15	<i>Legionella</i> spp. 100 UFC/L Presencia/ausencia de patógenos Otros contaminantes (1)
CALIDAD 3.2 a) Torres de refrigeración y condensadores evaporativos	Ausencia	Ausencia	5	1	<i>Legionella</i> spp. Ausencia UFC/L Uso exclusivamente industrial lejos de zonas urbanas Para su autorización requerirá la aprobación por la autoridad sanitaria del programa de control contemplado en el RD 865/2003
4.- USOS RECREATIVOS					
CALIDAD 4.1 a) Riego de campos de golf	1 huevo / 10 L	200	20	10	Si el riego se aplica directamente a la zona del suelo (goteo, micro aspersión) se fijan los criterios del grupo de Calidad 2.3 <i>Legionella</i> spp. 100 UFC/L (cuando se prevea riesgo de aerosoles) Otros contaminantes (1)
CALIDAD 4.2. a) Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua	No se fija límite	10.000	35	No se fija límite	Fósforo total: 2 mg P/L (en agua estancada) Otros contaminantes (1)
5.- USOS AMBIENTALES					
CALIDAD 5.1. a) Recarga de acuíferos por percolación b) localizada a través del terreno	No se fija Límite	1.000	< 35	No se fija límite	Nitrógeno Total: 10 mg N/L NO3: 25 mg NO3/L
CALIDAD 5.2. a) Recarga de acuíferos por inyección directa	1 huevo /10 L	0	10	2	Art. 257 a 259 del RD 849/1986
CALIDAD 5.3. a) Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público b) Silvicultura	No se fija Límite	No se fija Límite	35	No se fija límite	Otros contaminantes (1)
CALIDAD 5.4. a) Otros usos ambientales (mantenimiento de humedales, caudales mínimos similares)	La calidad mínima requerida se estudiará caso por caso				

En el RD 1620/2007 se han agrupado en 14 calidades diferentes en función de su rigurosidad respecto a la calidad bacteriológica exigida. En la tabla se muestran 6 tipos de calidad teniendo en cuenta fundamentalmente los límites indicadores respecto a E.Coli, Nematodos intestinales y *Legionella* spp.

Grupos de calidad en función de los límites bacteriológicos establecidos en el R.D. 1620/2007 (G. Batanero, E. Ortega, Cedex 2008)

USOS		Calidad	E.coli UFC/100 ml	Nematodos huevos/10 L	Legionella spp UFC/100 ml
· Industrial 3.2 a)	Torres de refrigeración y condensadores evaporativos	A	Ausencia	Ausencia	Ausencia
· Urbano 1.1 a) y b)	· Riego de jardines privados · Descarga de aparatos sanitarios		Ausencia	< 1	< 100
· Ambiental 5.2 a)	· Recarga de acuíferos por inyección directa		Ausencia	< 1	No se fija límite
· Urbano 1.2 a), b), c) y d) · Agrícola 2.1 a) · Recreativo 4.1 a)	· Servicios urbanos, sistemas contra incendios y lavado de vehículos · Riego agrícola sin restricciones · Riego de campos de golf	B	< 100 - 200	< 1	< 100
· Agrícola 2.2 a), b) y c)	Riego de productos agrícolas para consumo humano no en fresco Riego de pastos para animales productores · Acuicultura	C	< 1.000	< 1	No se fija límite
			< 1.000	No se fija límite	No se fija límite
· Ambiental 5.1 a)	Recarga de acuíferos por percolación a través del terreno	D	< 10.000	< 1	< 100
· Agrícola 2.3 a), b) y c)	Riego de cultivos leñosos sin contacto con los frutos Riego de cultivos de flores, viveros e invernaderos, sin contacto con producción · Riego de cultivos industriales no alimentarios				
· Recreativo 4.2 a)	· Estanques, masas de agua y caudales ornamentales, con acceso impedido al público	E	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite
· Ambiental 5.3 a) y b)	· Riego de bosques y zonas verdes no accesibles al público · Silvicultura				
· Ambiental 5.4 a)	· Mantenimiento de humedales, caudales mínimos....	F	La calidad requerida se estudiará caso por caso		

La siguiente tabla corresponde al tipo de tratamiento y línea de regeneración adecuada, sin desalación.

TIPO DE CALIDAD	TIPO DE TRATAMIENTO Y LÍNEA DE REGENERACIÓN ADECUADA	
	TIPO	LÍNEA
A	I	<i>Tratamiento con membranas:</i> Físico químico con decantación ¹ + Filtración + Ultrafiltración + Desinfección de mantenimiento (normalmente ClONa)
		Físico químico con decantación + Filtración + Desinfección (tendencia a emplear s UV) + Desinfección de mantenimiento (normalmente ClONa)
B	II	Filtración + Desinfección (tendencia a emplear rayos UV) + Desinfección de mantenimiento (normalmente ClONa)
C	III	Filtración ²
D		
E	IV	
F		En función de la calidad requerida en cada caso

Por tanto según las tablas anteriormente citadas, nuestro uso del agua regenerada como riego de pastos para animales productores de leche corresponde al tipo de uso:

Agrícola 2.2 de calidad C

Para esta calidad será necesario implantar una línea de tratamiento consistente en:



- **Filtración sobre arena:**

Los filtros de arena realizan una filtración del agua al pasarla por un lecho de arena que puede estar abierto sobre una superficie donde el agua se filtra por gravedad o bien en filtros cerrados horizontalmente o verticales a presión. En el caso de los filtros de arena abiertos el flujo es descendente, el espesor de arena es menor a un metro y los sólidos se retienen en la superficie del filtro.

Para un correcto funcionamiento de los filtros se debe construir un depósito o pozo de bombeo el cual deberá tener un tiempo de retención a caudal medio de entre 1 y 3 horas.

Los filtros de arena se alimentan mediante bombas sumergibles dispuestas en el propio pozo de bombeo. Las bombas están dotadas de variadores de frecuencia con el fin de poder regular el caudal.

Los filtros de arena se limpian en contracorriente con agua y aire para fluidificar el lecho. Las velocidades máximas de lavado están en torno a los 20 m³/m²/hr.

Para diseñar el **pozo de bombeo** implantado a continuación del decantador secundario se ha tenido en cuenta que:

Tiempo de almacenamiento: 2 horas.

Caudal: 59.66 m³/h

Por lo que:

$$Vol(m^3) = Q(m^3 / hr) \times Tr(hr) = 59,66 \times 2 = 120m^3$$

La altura del pozo de bombeo se fija a igual altura que el decantador secundario:

$$Altura (m) = 3 m$$

El proceso de filtrado se hace mediante **filtros verticales**, y para su diseño se han tenido en cuenta los siguientes parámetros:

Carga hidráulica: 8 m³/m²*hr

Velocidad de lavado: 20 m³/m²*hr

Velocidad del aire: 40 m³/m²*h

Tiempo de lavado: 10 min

➤ Superficie

$$\text{Superficie (m}^2\text{)} = \frac{Q (m^3 / h)}{CH (m^3 / m^2 * h)} = \frac{59.7}{8} = 7.46m^2$$

➤ Diámetro

$$\text{Diámetro (m)} = \sqrt{\frac{4 * \text{Superficie (m}^2\text{)}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 7.46}{3.1416}} = 3.1 m$$

Según los resultados obtenidos se implantarán 2 filtros, uno en funcionamiento y otro para lavado.

Debe diseñarse un **tanque de acumulación** para el caudal de agua que se va saliendo de los filtros. Para ello debe tenerse en cuenta:

Caudal : 59.66 m³/hr

Tiempo de acumulación en el tanque : 48 hr

Con ello se obtiene un volumen de:

$$Vol(m^3) = Q(m^3 / hr) \times Tr(hr) = 59,66 \times 48 = 2900m^3$$

▪ **Desinfección**

Esta etapa de desinfección es probablemente la etapa más importante de la línea de regeneración. Aquí deben eliminarse principalmente tres tipos de microorganismos: bacterias, virus y protozoos.

La desinfección se define como el proceso de eliminación de microorganismos patógenos mediante procedimientos físicos y químicos. Se utiliza como indicador el grupo de los coliformes (E.coli).

Radiación ultravioleta

El método de desinfección es sencillo, consiste en poner en contacto el flujo de agua con una lámpara ultravioleta, de tal manera que la radiación UV actúe sobre los microorganismos del agua bajo unas condiciones determinadas con el consecuente efecto desinfectante.

La radiación ultravioleta se caracteriza por longitudes de onda muy cercanas a las de la luz del sol. Los parámetros más importantes de la radiación UV relacionados con la desinfección del agua son:

1. **Longitud de onda**: El rango germicida se encuentra entre 240 y 280 nm (nanómetros) y se obtiene la máxima eficiencia desinfectante cerca de los 260 nm. Estos límites se encuentran dentro del rango denominado *ultravioleta - C* (100-280 nm), que se diferencia del *ultravioleta - A* (315-400 nm) y del *ultravioleta - B* (280-315 nm).
2. **Calidad del agua**: La temperatura del agua tiene poca o ninguna influencia en la eficacia de la desinfección con luz ultravioleta, pero afecta el rendimiento operativo de la lámpara de luz ultravioleta, cuando la misma está inmersa en el agua. La energía ultravioleta es absorbida por el agua, pero en mucho mayor grado es absorbida por los sólidos en suspensión o disueltos, turbiedad y color. La turbiedad debe ser tan baja como sea posible y en todo caso, deben evitarse turbiedades mayores de 5 UTN.
3. **Intensidad de la radiación**: A menor distancia del agua respecto al punto de emisión de los rayos, mayor será la intensidad de los mismos y por tanto la desinfección será más eficiente. No debe haber más de 75 mm de profundidad de agua para asegurar que cada porción de la misma sea alcanzada por los rayos adecuadamente.

4. Tipo de microorganismos: La resistencia al efecto de la radiación dependerá del tipo de microorganismo. No obstante, la dosificación de luz ultravioleta requerida para destruir los microorganismos más comunes (coliformes, pseudomonas, etc.) varía entre 6.000 y 10.000 $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$.
5. Tiempo de exposición: Como cualquier otro desinfectante, el tiempo de exposición es vital para asegurar un buen desempeño. Mientras la desinfección química como el cloro requiere para lograr una correcta desinfección tiempo de minutos, en la radiación ultravioleta el tiempo necesario oscila entre 2 y 3 segundos.

El nivel de desinfección conseguido alcanzará un máximo dependiendo del tratamiento previo al que se haya sometido el agua residual:

TIPO DE PROCESO	UVT* (%)	S.S.T. (mg/l)	Tamaño medio de partículas (μm)	NIVEL DE DESINFECCIÓN (/100 ml)
Primario	5 - 25	30 - 150	20 - 25	< 1000 CF <10.000 CT
Secundario	40 - 75	10 - 30	25 - 45	< 200 CF < 240 CT
Secundario (Filtrado)	60 - 75	5 - 10	20 - 30	<14 CF <23 CT
Terciario	65 - 80	1 - 5	15 - 20	<1 CF < 2,2 CT

Fuente: Cedex 2008

Desinfeccion por cloro

También se puede realizar una desinfección por medio de hipoclorito.

La capacidad de dosificación será de 3 ppm. La cantidad de cloro libre dependerá de las distintas reacciones que tenga el cloro con los distintos componentes del agua a desinfectar. La capacidad de almacenamiento permite una autonomía de 15 días. El sistema de dosificación del hipoclorito debe ser automático y proporcional al caudal.

Es importante la existencia del sistema de filtrado previo a la desinfección para garantizar una turbidez menor a 6 NTU para evitar la presencia de sustancias protectoras.

Para la desinfección de estas aguas se procede a realizar un **tanque de preparación de hipoclorito**. La cantidad de hipoclorito a dosificar es de 3 ppm, por lo que las dimensiones de dicho tanque serán:

El caudal va a seguir siendo $59.7\text{m}^3/\text{h}$.

➤ Caudal hipoclorito

$$\text{kg hipoclorito} / \text{m}^3 = \frac{3 \text{ ppm}}{1000} = 0.003 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$Q_{\text{HIPOCLORITO}} (\text{kg/h}) = Q_{\text{IN}} \text{ tanque de preparación hipoclorito} (\text{m}^3/\text{h}) * \text{kg hipoclorito}/\text{m}^3 = 0.18 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{HIPOCLORITO}} (\text{l/h}) = Q_{\text{HIPOCLORITO}} (\text{kg/h}) * \text{concentración hipoclorito} (\%) = 1.8 \text{ l/h}$$

➤ Volumen

$$\text{Volumen} (\text{m}^3) = \frac{Q (\text{m}^3 / \text{h}) * \text{turno} (\text{h})}{1000} = 0.018 \text{ m}^3$$

Hay que sobredimensionar el tanque un 15%, por tanto, el volumen final será de: 0.021

➤ Diámetro

$$\text{Diámetro} (\text{m}) = \sqrt[3]{\frac{\text{Volumen} (\text{m}^3) * 4}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{0.021 * 4}{\pi}} = 0.3 \text{ m}$$

➤ Altura

$$\text{Altura} (\text{m}) = \text{Diámetro} (\text{m}) + 0.3 \text{ m} = 0.6 \text{ m}$$

TABLAS DE DATOS

TRATAMIENTO TERCIARIO: REUTILIZACIÓN

Este proceso comienza en un pozo de bombeo implantado a continuación del decantador secundario gracias al cual el caudal llega de éste al proceso de filtrado.

- El **pozo de bombeo**, con el caudal 59.66 m³/h y un tiempo de almacenamiento de 2 horas, sale de las siguientes dimensiones:

VOLUMEN=120 m³ y ALTURA=3 m. (siendo esta la misma altura del decantador secundario).

- El proceso de filtrado se hace mediante **filtros verticales**, el cual, teniendo en cuenta una carga hidráulica de 8 m³/m²*h, una velocidad de lavado de 20 m³/m²*h, la velocidad del aire de 40 m³/m²*h y un tiempo de lavado de 10 min, se obtiene un filtro de **SUPERFICIE=7.46 m²** y de **DIÁMETRO=3.10 m.**

Según esto, se implantarán 2 filtros, uno en funcionamiento y otro para lavado.

- Se realiza un **tanque de acumulación** para el caudal que se va saliendo de los filtros.

Q (m³/h)	59.66
T acumulación (h)	48
V	2863.98

Quedando un **VOLUMEN=2900 m³.**

- Para la desinfección de estas aguas se procede a realizar un **tanque de preparación de hipoclorito**. La cantidad de hipoclorito a dosificar es de 3 ppm, por lo que las dimensiones de dicho tanque serán:

Q (m³/h)	59.66
React. a dosificar (ppm)	3
React. Dosif. (kg/m³)	0.003
Q (kg/h)	0.18
[reactivo] (%)	10
Q (l/h)	1.80
V (m³)	0.02
D (m)	0.30
H (m)	0.60

Debido a que el volumen obtenido es tan pequeño, se realiza un tanque de reactivo de **VOLUMEN=250 litros, 0.250 m³,** que es mínimo posible.

6. ANEXO III

LEGISLACIÓN

La legislación sobre vertidos que existe en la actualidad es compleja debido a los diferentes organismos que tienen competencia directa o indirecta sobre los vertidos y sobre el medio natural en el que se produce este. Así como al diferente rango de las leyes existentes: europea, estatal, comunitaria o municipal.

La legislación distingue entre dos situaciones de vertido respecto al medio natural.

- Vertido a saneamiento: las aguas residuales producidas en la industria son vertidas al colector municipal.
- Vertido directo: las aguas residuales llegan al medio receptor de forma directa desde la industria.

Este segundo caso es el que ocupa este proyecto. Aquí las competencias sobre el vertido las tendrá el organismo de cuenca correspondiente.

Dado que es imposible citar toda la legislación existente respecto a este tema, se citará aquella que guarde relación directa con el contenido de este estudio. De esta forma y dividiendo la legislación según el ámbito geográfico nos encontramos las siguientes:

➤ LEGISLACIÓN AUTONÓMICA

LEY DE CANTABRIA 2/2002, DE 29 DE ABRIL, DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CANTABRIA.

Artículo 1. Objeto.

1. Esta Ley tiene por objeto garantizar el saneamiento y depuración de las aguas residuales en el territorio de la Comunidad Autónoma de Cantabria a través de la actuación de las distintas Administraciones públicas con competencia en la materia.

A estos efectos la presente Ley:

- a) Regula las competencias de la Comunidad Autónoma y de las entidades locales instaurando un marco de cooperación entre ellas.
- b) Establece los mecanismos de dirección planificación y ejecución mediante los cuales actuarán los órganos competentes de la Comunidad Autónoma.
- c) Crea una entidad especial para propiciar el cumplimiento de las finalidades de la Ley.
- d) Crea un régimen económico-financiero específico mediante el cual se podrá atender a financiar las actuaciones exigidas.

2. Por medio de las anteriores actuaciones, la Ley propicia también el cumplimiento de las prescripciones de la legislación básica estatal sobre saneamiento y depuración de aguas residuales.

Artículo 2. *Competencias de la Administración de la Comunidad Autónoma.*

Es competencia de la Administración de la Comunidad Autónoma a ejecutar por medio de los órganos que determine esta Ley:

- a) El establecimiento y la aplicación de la política autonómica de saneamiento y depuración de aguas.
- b) La elaboración y aprobación del Plan de Saneamiento y Depuración.
- c) La aprobación de los planes y proyectos de ejecución de obras y de explotación de las instalaciones relativas al saneamiento y a la depuración en la forma indicada en esta Ley.
- d) La ejecución de las obras correspondientes a las instalaciones de interés de la Comunidad Autónoma y la gestión de dichas instalaciones según lo preceptuado en la presente Ley.
- e) La gestión del canon de saneamiento regulado en la presente Ley.
- f) La regulación y el control superior de los vertidos a las redes de alcantarillado y a los colectores generales, estableciendo las limitaciones de caudal y contaminación en función de las características de la red y de las instalaciones de tratamiento en el marco de las prescripciones de la normativa estatal básica.
- g) La puesta en práctica de políticas de educación y sensibilización para el uso racional del agua que persigan evitar los vertidos incontrolados a los cauces, bahías y litoral en general, fomentando la reutilización de las aguas residuales.
- h) Cualesquiera otras atribuciones que le correspondan por determinación de esta Ley o del resto del ordenamiento jurídico.

Artículo 3. *Declaración de interés de la Comunidad Autónoma.*

1. Se consideran de interés de la Comunidad Autónoma las obras y los servicios vinculados al saneamiento, a la depuración y a la reutilización de las aguas residuales. Esta declaración comprende a los efectos de la presente Ley:

- a) Las instalaciones de depuración, así como las plantas de tratamiento de fangos y residuos asociados a estas.
- b) Los colectores generales de aguas residuales de titularidad y de gestión pública.
- c) La construcción, mantenimiento y explotación de los emisarios marinos.
- f) Las redes de conducción de las aguas depuradas para su reutilización.

2. No tendrán la consideración de interés de la Comunidad Autónoma las redes de alcantarillado municipal hasta su punto de conexión con los colectores generales, ni las instalaciones de saneamiento y depuración de titularidad y gestión privada.

3. La declaración de interés general producida en este artículo será compatible con la realización de inversiones en saneamiento y depuración por parte de la Administración General del Estado en uso de sus atribuciones y previo convenio con la Comunidad Autónoma de Cantabria.

CAPÍTULO II

De la planificación sobre saneamiento y depuración y de la construcción de instalaciones

Artículo 5. Principios generales.

1. La actividad de la Administración de la Comunidad Autónoma de Cantabria en materia de saneamiento y depuración se fundamentará en la unidad del ciclo hidrológico. A esos efectos la interrelación entre las políticas de abastecimiento, de utilización y de depuración fundamentará el desarrollo y ejecución del régimen jurídico regulado en esta Ley y, singularmente, la confección del instrumento de planificación previsto en este capítulo.
2. El saneamiento y la depuración son medios para una adecuada ordenación del territorio y, consiguientemente, la planificación a que esta Ley se refiere es parte de la planificación territorial debiendo ser coherente en su contenido con el resto de los instrumentos de ordenación del territorio.

Artículo 6. Del Plan de Saneamiento y Depuración.

1. El instrumento superior de planificación en esta materia es el Plan de Saneamiento y Depuración.
2. El Plan tiene la naturaleza de Plan Especial según la tipología establecida por la Ley de Cantabria 2/2001, de 25 de junio, de Ordenación Territorial y Régimen Urbanístico del Suelo.
3. El Plan establecerá de forma global y coherente las directrices y criterios aplicables para la ejecución, gestión, explotación y financiación de las obras e instalaciones de saneamiento y depuración y reutilización de las aguas residuales señalando las prioridades para su aplicación.
4. El Plan respetará los objetivos de calidad a cumplir en coherencia con el ordenamiento básico estatal y el Plan Hidrológico de cuenca aplicable.
5. El Plan programará las actuaciones a desarrollar en un marco temporal que abarcará hasta el año 2005 sin perjuicio de que a efectos sistemáticos se dividan las actuaciones a desarrollar en períodos temporales más breves.

Artículo 7. Elaboración, actualización y revisión del Plan.

1. Para la elaboración del Plan se estará a lo previsto en la Ley de Cantabria 2/2001, de 25 de junio, de Ordenación Territorial y Régimen Urbanístico del Suelo.
2. El Plan deberá someterse a una actualización cada dos años en función de las actividades realizadas y de los objetivos de calidad que vayan alcanzándose. El Ente del Agua y Medio Ambiente de Cantabria impulsará el proceso de actualización dando cuenta por medio del Consejero correspondiente al Parlamento de las actuaciones que vayan realizándose y del cumplimiento sucesivo de los objetivos previstos.
3. En caso de variación sustancial de los objetivos a cumplir, de los mecanismos de financiación a utilizar o del marco jurídico existente que afecte de forma fundamental

a su contenido, deberá procederse a una revisión del Plan mediante el mismo procedimiento seguido para su elaboración y aprobación.

CAPÍTULO III

De los vertidos

Artículo 11. Deber de colaboración.

Las personas o entidades de cualquier naturaleza que realicen vertidos a los sistemas de saneamiento vendrán obligadas a facilitar cuanta información les sea requerida por el Ente del Agua y Medio Ambiente de Cantabria y a notificar los cambios que puedan producirse en la composición o cuantía de los mismos.

Artículo 12. Protección de instalaciones.

1. A los efectos de garantizar el adecuado funcionamiento y la protección de las instalaciones de depuración, el Gobierno de Cantabria, a propuesta del Consejero de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, establecerá, teniendo en cuenta la normativa básica estatal y el resto del ordenamiento jurídico que resulte aplicable, las normas reguladoras de la calidad de los vertidos a los sistemas de saneamiento que considere necesarias. En dichas normas se establecerán tanto la relación de vertidos prohibidos como la de los tolerados, así como los valores límite de emisión, todo ello en función de las características de admisión de los sistemas de saneamiento y depuración.
2. La protección de las instalaciones locales podrá realizarse mediante la ordenanza municipal correspondiente que deberá respetar la normativa básica estatal y la de desarrollo de la Comunidad Autónoma. La Administración de la Comunidad Autónoma promulgará normas aplicables a título supletorio cuando dichas ordenanzas no existan y, en todo caso, el Ente del Agua y Medio Ambiente prestará asistencia técnica a los Ayuntamientos para la redacción de dichas ordenanzas.
3. A los efectos del control de efluentes, las normas a que se hace referencia en los dos apartados anteriores regularán la obligación de los usuarios, distintos a los domésticos y en función de su potencial contaminante, de solicitar permisos de vertido y de instalar los medios necesarios para la toma de muestras en el lugar del vertido, así como la adopción de programas de seguimiento de vertidos y realización de informes periódicos.
4. La Administración de la Comunidad Autónoma y, en su caso, el Ente del Agua y Medio Ambiente en su función de alta inspección, tendrá acceso a la información relativa a los vertidos existentes.

➤ LEGISLACIÓN ESTATAL

REAL DECRETO LEY 11/1995, DE 28 DE DICIEMBRE, POR EL CUAL SE ESTABLECEN LAS NORMAS APLICABLES AL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS (BOE NÚM. 312, DE 30 DEDICIEMBRE DE 1995)

La Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, y la Ley 22/1988, de 28 de julio de Costas, establecen diferentes medidas para conseguir una mejor calidad de las aguas continentales y marítimas respectivamente, entre las que cabe destacar el sometimiento a autorización previa de las actividades susceptibles de provocar la contaminación del dominio público hidráulico o del dominio público marítimo terrestre y, en especial, los vertidos.

Ahora bien, una adecuada protección de la calidad de las aguas exigiría completar las medidas establecidas en las leyes citadas, con otras que sometan los vertidos de las aguas residuales urbanas, previamente a su evacuación, a una serie de tratamientos en instalaciones adecuadas, para limitar los efectos contaminantes de dichas aguas residuales, con el fin último de garantizar la protección del medio ambiente.

Con este objetivo, la Unión Europea aprobó la Directiva 91/271/CEE, del Consejo, de 21 de mayo, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, en la cual se establece que los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para garantizar que dichas aguas son tratadas correctamente antes de su vertido.

Artículo 1. Objeto.

Este Real Decreto-ley tiene por objeto complementar el régimen jurídico establecido en el título V de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas, y en el título III de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, con el fin de proteger la calidad de las aguas continentales y marítimas de los efectos negativos de los vertidos de las aguas residuales urbanas.

Artículo 2. Definiciones.

A los efectos de este Real Decreto-ley se entiende por:

- a) «Aguas residuales urbanas»: Las aguas residuales domésticas o la mezcla de éstas con aguas residuales industriales o con aguas de escorrentía pluvial.
- b) «Aguas residuales domésticas»: Las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.
- c) «Aguas residuales industriales»: Todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.
- d) «Aglomeración urbana»: Zona geográfica formada por uno o varios municipios, o por parte de uno o varios de ellos, que por su población o actividad económica constituya un foco de generación de aguas residuales que justifique su recogida y conducción a una instalación de tratamiento o a un punto de vertido final.
- e) «Sistema colector»: Todo sistema de conductos que recoja y conduzca las aguas residuales urbanas, desde las redes de alcantarillado de titularidad municipal, a las estaciones de tratamiento.
- f) «1 h-e (habitante equivalente)»: La carga orgánica biodegradable con una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO 5), de 60 gramos de oxígeno por día.

g) «Tratamiento primario»: El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso físico o físico-químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO 5 de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20 por 100 antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos, en un 50 por 100.

h) «Tratamiento secundario»: El tratamiento de aguas residuales urbanas mediante un proceso que incluya un tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso, en el que se respeten los requisitos que se establecerán reglamentariamente.

i) «Tratamiento adecuado»: El tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante cualquier proceso o sistema de eliminación, en virtud del cual las aguas receptoras cumplan después del vertido, los objetivos de calidad previstos en el ordenamiento jurídico aplicable.

j) «Fangos»: Los lodos residuales, tratados o no, procedentes de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas.

k) «Zona sensible»: Medio o zona de aguas declaradas expresamente con los criterios que se establecerán reglamentariamente.

l) «Zona menos sensible»: Medio o zona de aguas marinas declaradas expresamente con los criterios que se establecerán reglamentariamente.

m) «Estuario»: La zona de transición, en la desembocadura de un río, entre las aguas dulces y las aguas costeras.

Artículo 3. *Aglomeraciones urbanas.*

Las Comunidades Autónomas fijarán, previa audiencia de los Ayuntamientos afectados, las aglomeraciones urbanas en que se estructura su territorio, estableciendo el ente público representativo de los municipios a los que corresponda, en cada caso, el cumplimiento de las obligaciones establecidas en este Real Decreto-ley.

Artículo 4. *Sistemas colectores.*

1. Las aglomeraciones urbanas que se indican a continuación deberán disponer de sistemas colectores para las aguas residuales urbanas, en los siguientes plazos:
 - a) Antes del 1 de enero del año 2001, aquellas que cuenten con más de 15.000 habitantes-equivalentes.
 - b) Antes del 1 de enero del año 2006 aquellas que tengan entre 2.000 y 15.000 habitantes-equivalentes.
 - c) Antes del 1 de enero del año 1999, aquellas que cuenten con más de 10.000 habitantes-equivalentes y viertan en una «zona sensible», declarada de acuerdo con lo establecido en el artículo 7 de este Real Decreto-ley.
2. No obstante, en los supuestos en que no se estime justificada la instalación de un sistema colector, bien por no suponer ventaja alguna para el medio ambiente, o bien porque su instalación implique un coste excesivo, en relación a la utilización de sistemas individuales, las Comunidades Autónomas podrán establecer que las aglomeraciones urbanas utilicen sistemas individuales u otros sistemas adecuados que impliquen un análogo nivel de protección ambiental.

Artículo 5. *Tratamiento secundario de las aguas residuales urbanas.*

1. Las aglomeraciones urbanas que se indican a continuación deberán aplicar a las aguas residuales que entren en los sistemas colectores un tratamiento secundario o proceso equivalente, en los siguientes plazos:

a) Antes del 1 de enero del año 2001, aquellas que cuenten con más de 15.000 habitantes-equivalentes.

b) Antes del 1 de enero del año 2006, aquellas que cuenten entre 10.000 y 15.000 habitantes equivalentes.

c) Antes del 1 de enero del año 2006, aquellas que cuenten entre 2.000 y 10.000 habitantes-equivalentes y viertan en aguas continentales o estuarios.

2. Para las aglomeraciones urbanas contempladas en el párrafo a) del apartado anterior, se podrá solicitar a la Comisión Europea, excepcionalmente y por problemas técnicos, una ampliación del plazo, que tendrá como límite el 31 de diciembre del año 2005.

En tales supuestos, las Comunidades Autónomas justificarán debidamente las dificultades técnicas y propondrán un programa de acción, que formará parte integrante del programa de aplicación regulado en el artículo 9 de este Real Decreto-ley. Las Comunidades Autónomas comunicarán estos programas de acción a la Administración General del Estado para su traslado a la Comisión Europea.

3. Las Comunidades Autónomas podrán determinar que las aglomeraciones urbanas situadas en regiones de alta montaña, a más de 1.500 metros sobre el nivel del mar, en las que resulte difícil la aplicación de un tratamiento biológico eficaz debido a las bajas temperaturas, apliquen a las aguas residuales urbanas un tratamiento menos riguroso que el que determina el apartado 1 de este artículo, siempre y cuando estudios detallados justifiquen que tales vertidos no perjudican al medio ambiente.

Artículo 6. *Tratamiento adecuado de las aguas residuales urbanas.*

Las aglomeraciones urbanas que se indican a continuación dispondrán de un tratamiento adecuado para sus aguas residuales, antes del día 1 de enero del año 2006, en las siguientes circunstancias:

a) Aquellas que cuenten con menos de 2.000 habitantes-equivalentes y viertan en aguas continentales y estuarios.

b) Aquellas que cuenten con menos de 10.000 habitantes-equivalentes y viertan en aguas marítimas.

Artículo 7. *Tratamiento de aguas residuales urbanas en «zonas sensibles» y «menos sensibles».*

1. Las aglomeraciones urbanas que cuenten con más de 10.000 habitantes-equivalentes y que viertan las aguas residuales urbanas en «zonas sensibles» deberán disponer, antes del 1 de enero de 1999, de instalaciones adecuadas para que dichas aguas sean sometidas, antes de su vertido, a un tratamiento más riguroso que el tratamiento secundario establecido en el artículo 5, cuyos requisitos se establecerán reglamentariamente.

2. Las aglomeraciones urbanas que viertan en «zonas menos sensibles» podrán someter las aguas residuales urbanas a un tratamiento menos riguroso que el secundario, siempre que existan estudios globales que indiquen que dichos vertidos no tendrán efectos negativos sobre el medio ambiente y se les aplique un tratamiento primario, y se encuentren entre las siguientes:

- a) Aquellas que cuenten entre 10.000 y 150.000 habitantes-equivalentes y viertan en aguas marítimas.
- b) Aquellas que cuenten entre 2.000 y 10.000 habitantes-equivalentes y viertan en estuarios.
- c) En casos excepcionales, aquellas que cuenten con más de 150.000 habitantes- equivalentes, cuando se demuestre que un tratamiento más avanzado no implicaría ventajas para el medio ambiente.

3. La Administración General del Estado, previa audiencia de las Comunidades Autónomas y de las entidades locales afectadas, declarará las «zonas sensibles» en las cuencas hidrográficas que excedan del ámbito territorial de una Comunidad Autónoma.

Las Comunidades Autónomas efectuarán dicha declaración en los restantes casos y determinarán las «zonas menos sensibles» en las aguas marítimas.

Estas declaraciones se efectuarán de acuerdo con lo que se establezca reglamentariamente y serán publicadas en los diarios oficiales correspondientes.

Artículo 8. *Prohibición de vertidos de fangos.*

Queda prohibido el vertido de fangos procedentes de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales a las aguas marítimas, a partir del día 1 de enero de 1999. Su evacuación a aguas continentales queda prohibida a partir de la entrada en vigor del presente Real Decreto-ley.

REAL DECRETO 1620/2007, DE 7 DE DICIEMBRE, POR EL QUE SE ESTABLECE EL RÉGIMEN JURÍDICO DE LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS DEPURADAS. (BOE N. 294 DE 8/12/2007)

CAPÍTULO I

Disposiciones generales

Artículo 1. *Objeto.*

Este real decreto tiene por objeto establecer el régimen jurídico para la reutilización de las aguas depuradas, de acuerdo con el artículo 109.1 del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio.

Artículo 2. *Definiciones.*

A los efectos de este real decreto se entiende por:

- a) Reutilización de las aguas: aplicación, antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre para un nuevo uso privativo de las aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida en función de los usos a que se van a destinar.
- b) Aguas depuradas: aguas residuales que han sido sometidas a un proceso de tratamiento que permita adecuar su calidad a la normativa de vertidos aplicable.

- c) Aguas regeneradas: aguas residuales depuradas que, en su caso, han sido sometidas a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso al que se destinan.
- d) Estación regeneradora de aguas: conjunto de instalaciones donde las aguas residuales depuradas se someten a procesos de tratamiento adicional que puedan ser necesarios para adecuar su calidad al uso previsto.
- e) Infraestructuras de almacenamiento y distribución: conjunto de instalaciones destinadas a almacenar y distribuir el agua regenerada hasta el lugar de uso por medio de una red o bien depósitos móviles públicos y privados.
- f) Sistema de reutilización de las aguas: conjunto de instalaciones que incluye la estación regeneradora de aguas, en su caso, y las infraestructuras de almacenamiento y distribución de las aguas regeneradas hasta el punto de entrega a los usuarios, con la dotación y calidad definidas según los usos previstos.
- g) Primer usuario: persona física o jurídica que ostenta la concesión para la primera utilización de las aguas derivadas.
- h) Usuario del agua regenerada: persona física o jurídica o entidad pública o privada que utiliza el agua regenerada para el uso previsto.
- i) Punto de entrega de las aguas depuradas: lugar donde el titular de la autorización de vertido de aguas residuales entrega las aguas depuradas en las condiciones de calidad exigidas en la autorización de vertido, para su regeneración.
- j) Punto de entrega de las aguas regeneradas: lugar donde el titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas entrega a un usuario las aguas regeneradas, en las condiciones de calidad según su uso previstas en esta disposición.
- k) Lugar de uso del agua regenerada: zona o instalación donde se utiliza el agua regenerada suministrada.
- l) Autocontrol: programa de control analítico sobre el correcto funcionamiento del sistema de reutilización realizado por el titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas.

CAPÍTULO II

Condiciones básicas para la reutilización de las aguas depuradas

Artículo 4. *Usos admitidos para las aguas regeneradas.*

1. Las aguas regeneradas podrán utilizarse para los usos indicados en el anexo I.A.
2. En los supuestos de reutilización del agua para usos no contemplados en el anexo I.A, el organismo de cuenca exigirá las condiciones de calidad que se adapten al uso más semejante de los descritos en el mencionado anexo. Será necesario, en todo caso, motivar la reutilización del agua para un uso no descrito en el mismo.
3. En todos los supuestos de reutilización de aguas, el organismo de cuenca solicitará de las autoridades sanitarias un informe previo que tendrá carácter vinculante.
4. Se prohíbe la reutilización de aguas para los siguientes usos:
 - a) Para el consumo humano, salvo situaciones de declaración de catástrofe en las que la autoridad sanitaria especificará los niveles de calidad exigidos a dichas aguas y los usos.
 - b) Para los usos propios de la industria alimentaria, tal y como se determina en el artículo 2.1 b) del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, salvo lo dispuesto en el anexo I.A.3.calidad 3.1c) para el uso de aguas de proceso y limpieza en la industria alimentaria.
 - c) Para uso en instalaciones hospitalarias y otros usos similares.
 - d) Para el cultivo de moluscos filtradores en acuicultura.

- e) Para el uso recreativo como agua de baño.
- f) Para el uso en torres de refrigeración y condensadores evaporativos, excepto lo previsto para uso industrial en el anexo I.A.3.calidad 3.2.
- g) Para el uso en fuentes y láminas ornamentales en espacios públicos o interiores de edificios públicos.
- h) Para cualquier otro uso que la autoridad sanitaria o ambiental considere un riesgo para la salud de las personas o un perjuicio para el medio ambiente, cualquiera que sea el momento en el que se aprecie dicho riesgo o perjuicio.

Artículo 5. Criterios de calidad.

1. Las aguas regeneradas deben cumplir en el punto de entrega los criterios de calidad según usos establecidos en el anexo I.A. Si un agua regenerada está destinada a varios usos serán de aplicación los valores más exigentes de los usos previstos.
2. Los organismos de cuenca, en las resoluciones por las que otorguen las concesiones o autorizaciones de reutilización, podrán fijar valores para otros parámetros o contaminantes que puedan estar presentes en el agua regenerada o lo prevea la normativa sectorial de aplicación al uso previsto para la reutilización. Asimismo, podrán fijar niveles de calidad más estrictos de forma motivada.
3. La calidad de las aguas regeneradas se considerará adecuada a las exigencias de este real decreto si el resultado del control analítico realizado de acuerdo con lo previsto en el anexo I.B cumple con los requisitos establecidos con el anexo I.C.
4. El titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas es responsable de la calidad del agua regenerada y de su control desde el momento en que las aguas depuradas entran en el sistema de reutilización hasta el punto de entrega de las aguas regeneradas.
5. El usuario del agua regenerada es responsable de evitar el deterioro de su calidad desde el punto de entrega del agua regenerada hasta los lugares de uso.
6. Las responsabilidades previstas en los apartados 4 y 5 se entenderán sin perjuicio de la potestad de supervisión y control de las autoridades ambientales y sanitarias.
7. La concesión de reutilización podrá ser modificada como consecuencia de las variaciones o modificaciones que se aprueben respecto de la concesión otorgada para el uso privativo del agua al primer usuario de la misma.

CAPÍTULO III

Contratos de cesión de derechos sobre aguas regeneradas

Artículo 6. Características de los contratos de cesión de derechos sobre aguas regeneradas.

1. Los titulares de la concesión de reutilización y los titulares de la autorización complementaria para reutilización de las aguas podrán suscribir contratos de cesión de derechos de uso de agua de acuerdo con lo establecido en los artículos 67 y 68 de la texto refundido de la Ley de Aguas con las siguientes particularidades:
 - a) El volumen anual susceptible de cesión no será superior al que figure en la concesión o autorización otorgada.

b) La Administración pública al autorizar el contrato suscrito, además de velar por el cumplimiento de los criterios previstos en el artículo 68.3 texto refundido de la Ley de Aguas., observará que se cumplen los criterios de calidad en relación a los usos a que se vayan a destinar los caudales cedidos.

2. Quienes obtienen la concesión o la autorización de reutilización podrán ceder, en los términos que establece el artículo 343 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, con carácter temporal a otro concesionario o titular de derechos de igual rango, la totalidad o parte de los derechos de uso que le correspondan, percibiendo a cambio la compensación económica que establece el artículo 345.2 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

De igual modo podrán participar en las operaciones de los Centros de Intercambio de Derechos.

CAPÍTULO IV

Procedimiento para la reutilización de aguas depuradas

Artículo 7. *La reutilización de aguas a través de iniciativas o planes de las Administraciones Públicas.*

1. Con la finalidad de fomentar la reutilización del agua y el uso más eficiente de los recursos hidráulicos, las Administraciones Públicas estatal, autonómica o local, en el ámbito de sus respectivas competencias, podrán llevar a cabo planes y programas de reutilización de aguas. En estos planes se establecerán las infraestructuras que permitan llevar a cabo la reutilización de los recursos hidráulicos obtenidos para su aplicación a los usos admitidos. En dichos planes se especificará el análisis económico-financiero realizado y el sistema tarifario que corresponda aplicar en cada caso. Asimismo, estos planes y programas serán objeto del procedimiento de evaluación ambiental estratégica conforme a lo establecido en la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.
2. En la ejecución de los citados planes y programas, se cumplirán las exigencias establecidas en el artículo 109 del texto refundido de la Ley de Aguas, y en este real decreto respecto de la necesidad de obtener la concesión o autorización de reutilización de aguas por quien vaya a realizar la actividad.
3. Si la explotación se realiza de forma temporal o permanente por alguna de las administraciones públicas, estatal, autonómica o local, la concesión o autorización de reutilización se otorgará a nombre de la misma, o de la entidad o sociedad pública a quien se haya encomendado la ejecución de las infraestructuras o su explotación, que será responsable del cumplimiento de todas las condiciones impuestas durante los periodos de prueba y explotación.
4. Cuando la explotación de una infraestructura correspondiese a determinados usuarios, será preciso que la Administración pública correspondiente lleve a cabo la entrega de dicha infraestructura formalizando el oportuno documento en el que deberán constar todas las circunstancias en las que se produce la entrega. En particular se mencionará el hecho de que se transfiere a los usuarios, desde ese momento, la concesión o autorización de reutilización del agua y en consecuencia la responsabilidad en el cumplimiento de las condiciones impuestas. En el ámbito de la Administración General del Estado, las Sociedades Estatales de Aguas solicitarán la necesaria concesión o autorización respecto de las instalaciones de reutilización que se le hubieran encomendado en el correspondiente Convenio de Gestión Directa.

5. Cuando la explotación del sistema de reutilización del agua se realice a través de contratos de concesión de obra pública, el concesionario estará obligado a solicitar la correspondiente concesión o autorización de reutilización.

Artículo 8. *Procedimiento para obtener la concesión de reutilización.*

1. Cuando la solicitud de concesión para reutilizar aguas sea formulada por quien ya es concesionario para la primera utilización de las aguas, el procedimiento se tramitará, sin competencia de proyectos, de acuerdo con lo establecido en este artículo.
2. El expediente se iniciará por el concesionario de las aguas para la primera utilización, que a tal efecto deberá presentar su solicitud dirigida al organismo de cuenca territorialmente competente en cualquiera de los lugares designados en el artículo 38.4 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del procedimiento Administrativo Común, y en el modelo normalizado que figura en el anexo II, manifestando en ella su propósito de reutilizar las aguas, con indicación del uso para el que las solicita. Dicho modelo estará disponible en la página Web del Ministerio de Medio Ambiente.
3. El peticionario deberá presentar un proyecto de reutilización de aguas que incluya la documentación necesaria para identificar el origen y la localización geográfica de los puntos de entrega del agua depurada y regenerada; la caracterización del agua depurada; el volumen anual solicitado; el uso al que se va a destinar; el lugar de uso del agua regenerada especificando las características de las infraestructuras previstas desde la salida del sistema de reutilización de las aguas hasta los lugares de uso; las características de calidad del agua regenerada correspondientes al uso previsto así como el autocontrol analítico propuesto como establece el anexo I; el sistema de reutilización de las aguas; los elementos de control y señalización del sistema de reutilización; las medidas para el uso eficiente del agua y las medidas de gestión del riesgo en caso de que la calidad del agua regenerada no sea conforme con los criterios establecidos en el anexo I correspondientes al uso permitido.
4. Cuando el destino de las aguas regeneradas fuese el uso agrícola se acreditará la titularidad de las tierras que se pretenden regar a favor del peticionario o, en el caso de concesiones solicitadas por comunidades de usuarios, el documento que acredite que la solicitud de concesión ha sido aprobada por la Junta General. Se presentará en todo caso una copia actualizada del plano parcelario del catastro, donde se señalará la zona a regar. Cuando las características del agua regenerada superen los valores de los parámetros e indicadores definidos en el «anexo I.A. Uso Agrícola», el organismo de cuenca recabará, de acuerdo con las instrucciones técnicas vigentes, información adicional referida a los parámetros y las características de los cultivos.
5. El organismo de cuenca examinará la documentación presentada e informará sobre la compatibilidad o incompatibilidad de la solicitud con el Plan Hidrológico de cuenca atendiendo, entre otros, a los caudales ecológicos. En el primer caso continuará la tramitación del expediente; en el segundo denegará la solicitud presentada. Simultáneamente solicitará el informe al que se refiere el artículo 25.3 del texto refundido de la Ley de Aguas, para el que se concede el plazo de un mes, transcurrido el cual, sin que se haya emitido, continuará la tramitación del expediente en los términos previstos en la Ley 30/1992, de 26 de noviembre.

6. A continuación, el organismo de cuenca elaborará una propuesta en la que se establecerán las condiciones en las que podría otorgarse la concesión para reutilizar las aguas. Este condicionado contendrá, entre otros extremos:
 - a) El origen y la localización geográfica del punto de entrega del agua depurada;
 - b) El volumen máximo anual en metros cúbicos y modulación establecida, caudal máximo instantáneo expresado en litros por segundo.
 - c) El uso admitido.
 - d) El punto de entrega y el lugar de uso del agua regenerada.
 - e) Las características de calidad del agua regenerada que deben cumplir los criterios de calidad exigidos para cada uso que se establecen en el anexo I.A de este real decreto, hasta su punto de entrega a los usuarios.
 - f) El sistema de reutilización de las aguas.
 - g) Los elementos de control y señalización del sistema de reutilización.
 - h) El programa de autocontrol de la calidad del agua regenerada que incluya los informes sobre el cumplimiento de la calidad exigida que se determinará conforme establece el anexo I.B y I.C.
 - i) El plazo de vigencia de la concesión.
 - j) Las medidas de gestión del riesgo en caso de calidad inadmisibles de las aguas para el uso autorizado.
 - k) Cualquier otra condición que el organismo de cuenca considere oportuna en razón de las características específicas del caso y del cumplimiento de la finalidad del sistema de reutilización del agua.
7. Elaborada la propuesta de condiciones, se solicitará la conformidad expresa del peticionario que tendrá lugar en el plazo de diez días hábiles. Transcurrido este plazo, el organismo de cuenca notificará la resolución expresa en el plazo máximo de un mes, contado desde que ha tenido constancia de la conformidad.
8. Si el solicitante no estuviera de acuerdo con las condiciones propuestas, presentará motivación justificada que podrá ser o no admitida, dando lugar a resolución expresa de la administración en el plazo de un mes.
9. De no haber respuesta, se denegará la concesión solicitada en el plazo de un mes, contado desde la notificación de la propuesta de condiciones.

Artículo 9. *Procedimiento para obtener la autorización de reutilización.*

1. Cuando el titular de la autorización de vertido presente una solicitud para reutilizar las aguas se le otorgará una autorización administrativa, que tendrá el carácter de complementaria a la de vertido, en la que se establecerán los requisitos y condiciones en los que podrá llevarse a cabo la reutilización del agua.
2. Si se solicita la obtención de una autorización de vertido manifestando el propósito de reutilizar las aguas residuales, la autorización de reutilización quedará supeditada al otorgamiento de la autorización de vertido.
3. Para obtener la autorización complementaria a la de vertido será preciso presentar la solicitud prevista en el anexo II con la información exigida en el artículo 8.3 y, en su caso, 8.4. Dicha solicitud se dirigirá al organismo de cuenca territorialmente competente en cualquiera de los lugares designados en el artículo 38.4 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre.
4. Los sucesivos trámites serán los establecidos en los párrafos 5, 6, 7, 8 y 9 del artículo 8.

7. ANEXO IV

REFERENCIAS

- [1] Sainz Sastre, Juan Antonio, “Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales”, Fundación EOI (2005).
- [2] Degremont, “Manual Técnico del Agua”.
- [3] Metcalf & Eddy, “Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización”. McGraw Hill 1995.
- [4] “Tratamiento de las aguas residuales industriales”, Universidad de Cantabria. 2005.
- [5] Rincón Arevalo, P., “Tecnología ambiental”, Ed: Bellisco (2006)
- [6] Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (**CEDEX**),
<http://hispagua.cedex.es/documentación/revistas>
- [7] Mundiagua. <http://www.mundiagua.com/equipos-varios/lampara-ultravioleta.asp>
- [8] Drace medioambiente. <http://www.dracemedioambiente.com/>

Estación depuradora de aguas residuales de una industria láctea.

**Lara Gandarillas Prieto
Tamara Sánchez Moya
Raquel Serrano Viedma**

Máster en Ingeniería y Gestión del Agua, Julio 2009

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. RECEPCIÓN Y GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	4
2.1 ESTACIÓN DE BOMBEO DEL AGUA RESIDUAL A PLANTA.....	6
3. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CENTRAL LECHERA.	6
4. TRATAMIENTO TERCIARIO	20

1. INTRODUCCIÓN

Este diseño básico recoge las instalaciones de depuración y regeneración de las aguas residuales de una industria láctea.

El agua será reutilizada en agricultura en las proximidades de la planta. No existe la posibilidad de su uso en la planta industrial.

La central lechera objeto de este estudio se encuentra localizada en la Provincia de Cantabria, concretamente en Pomaluengo, perteneciente al municipio de Castañeda.

Dicho municipio perteneciente a la comarca del Pisueña, río que lo atraviesa de este a oeste para unirse con las aguas del río Pas en el límite occidental abarca una extensión de 19,5 km² y tiene una población que supera los 1.600 habitantes.



Figura 1: mapa de la Provincia de Cantabria.

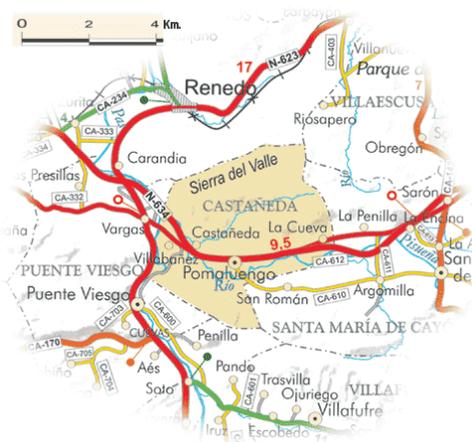


Fig.2: municipio de Castañeda.

El municipio de Castañeda comprende cuatro núcleos poblacionales: La Cueva, Pomaluengo, Socobio y Villabáñez.

La capital en la cual se sitúa esta central lechera está poblada por 643 habitantes (2006) siendo el núcleo más concurrido del municipio.

Se ha escogido dicho emplazamiento por su actividad ganadera y por encontrarse situado junto al río Pisueña, principal afluente del río Pas, muy caudaloso si se tiene en cuenta la pequeña superficie que drena.

Los vertidos de carácter no doméstico a la red de saneamiento municipal pueden perjudicar el funcionamiento de la misma. Es por ello que se va a diseñar la propia estación depuradora de las aguas residuales de la central lechera con el fin de cumplir los límites de vertido establecidos por la legislación.

La industria láctea agrupa numerosas actividades que teniendo como materia prima principal la leche, se ocupan de transformarla en distintos productos: leches de consumo directo, conservada (concentrada o en polvo), fermentadas, mantequilla, nata y quesos. Cada central abarcará alguno de los procesos anteriores. No es habitual que en una misma fábrica se cubran todos los posibles procesos; en la central lechera de este estudio se llevará a cabo la producción exclusiva de leche de consumo directo.

En el siguiente estudio se va a realizar el diseño de la estación depuradora de aguas residuales de la planta y para ello lo vamos a dividir en tres partes: recepción de la leche, tratamiento del agua residual generada en el proceso y realización de un tratamiento terciario para la posible reutilización del agua tratada para riego de pastos cercanos a la central.

2. RECEPCIÓN Y GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

Normalmente la leche llega hasta la planta de tratamiento en camiones cisterna. Tras la recepción, la leche se suele almacenar en condiciones refrigeradas hasta su entrada en línea. En esta etapa se realiza también la limpieza de los camiones o tanques de recogida de la leche antes de realizar el siguiente transporte. En esta etapa se producen pérdidas de leche debido a las operaciones de vaciado y llenado de los depósitos, las cuales son el origen principal de la contaminación del agua residual. El volumen de pérdidas en una central de elaboración y envasado de leche como es el caso puede oscilar entre el 0,3 y el 1,3% del producto procesado. Hay que señalar que durante esta etapa puede detectarse además leche que no cumpla con los requisitos de calidad requeridos por lo que puede dar lugar a un rechazo de la leche recibida.



El agua de consumo empleada en una central lechera puede clasificarse en varios tipos, según su uso:

- Agua industrial entre la que se encuentra la empleada en la limpieza y aclarado de los equipos e instalaciones.
- Agua de refrigeración.
- Agua de empuje.
- Agua de servicios de la central, de uso y características similares a la urbana.

El problema medioambiental más importante de este tipo de industria, además del consumo de agua y de energía, es la generación de aguas residuales, tanto por su volumen como por la carga contaminante asociada (fundamentalmente orgánica).

En las centrales de tratamiento y envasado de leche los flujos suelen producirse de manera intermitente a lo largo de la jornada de trabajo, sobre todo al final de las operaciones de tratamiento, en el momento del lavado de máquinas, tuberías, recipientes...El caudal de vertido dependerá de la operación que se esté realizando en cada momento y de la gestión de los efluentes que se realice en la central.

Las aguas residuales de las industrias lecheras están constituidas por:

- Diferentes diluciones de leche cruda, leche tratada... procedentes de derrames, fugas o goteos provocados por un diseño inadecuado o el mal funcionamiento del proceso.
- Restos de lavados que contienen productos químicos como sosa caustica, desinfectantes, aditivos, detergentes, etc. Cada tonelada de leche elaborada requiere entre 1-4 kg de agentes de limpieza.

En estas aguas residuales la contaminación presente en las industrias lácteas se caracteriza por:

- Alto contenido en materia orgánica disuelta, que disminuye con la recuperación de subproductos.
- Buena biodegradabilidad: relación DBO5/DQO alta.
- No presentan toxicidad.
- Proporciones elevadas de sólidos volátiles en suspensión. El ratio sólidos en suspensión volátiles/sólidos en suspensión totales alcanza en las industrias lecheras el 90%.
- Valores de nitrógeno total similares a las aguas residuales urbanas, pero aumenta la proporción entre nitrógeno orgánico, que supone más del 50% y amoniacal, más del 20%. Esta característica varía si se emplea ácido nítrico como limpiador.
- Alto contenido en grasas y aceites.

	ENTRADA	SALIDA
DBO (mg/l)	850	25
SS (ppm)	350	35
NTK (ppm)	90	15
P (ppm)	10	2

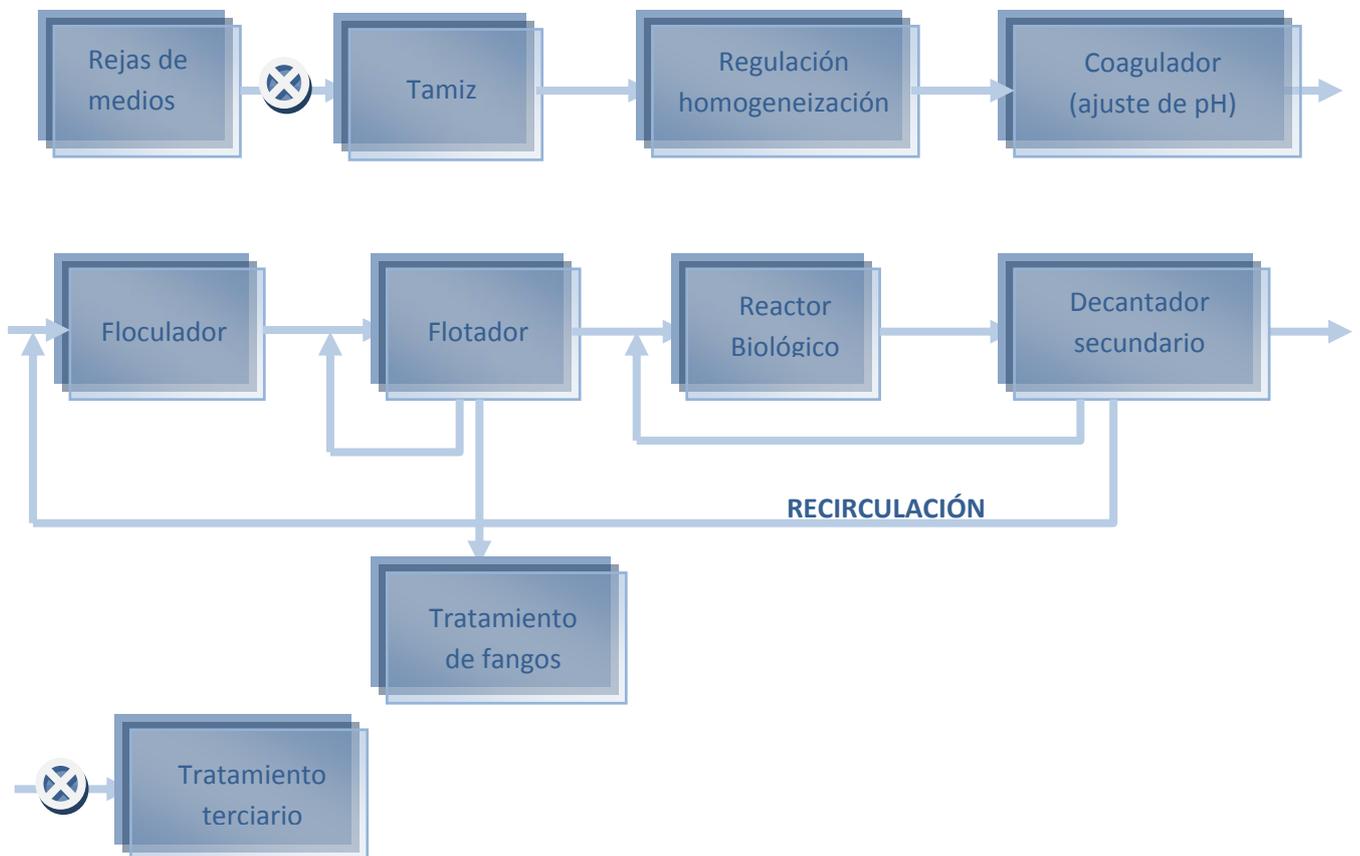
2.1 ESTACIÓN DE BOMBEO DEL AGUA RESIDUAL A PLANTA.

El bombeo para la entrada del agua a la planta de tratamiento consiste en dos bombas de 60 m³/h, además de una bomba de repuesto de igual capacidad.

Todas las bombas funcionarían en paralelo y llevarían un variador de frecuencia para poder trabajar con el rango de caudales resultantes de los cálculos propuestos.

3. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CENTRAL LECHERA.

El alto contenido en materia orgánica biodegradable, nutrientes y sales minerales hace que el tratamiento del agua residual más adecuado para las industrias lácteas sea el biológico. A continuación se presenta el esquema de tratamiento propuesto para dicha instalación:



Este símbolo representa los sistemas de bombeo utilizados.

REJAS

Las rejas consiste en un conjunto de barras paralelas , de separación uniforme ente ellas, situadas en un canal en posición transversal al flujo, cuya función es retener los sólidos presentes en el agua residual con un tamaño superior a la separación entre los barrotes.

Número de rejas	2
Luz (mm)	15
V (m/s)	0.8
espesor (mm)	10
Coef. Colmatación	0.7
S para Qmax (m2)	0.1
Inclinación (°)	85
Diseño	Circular
Base (m)	0.3
Altura (m)	0.5

Una de las rejas va a ser de repuesto con limpieza manual, la reja que va a estar en funcionamiento va a ser automática. Va a tener un diseño circular por ser las más adecuadas a este tamaño para el sistema de limpieza.

SISTEMA DE BOMBEO

Número total de bombas	3
Número de bombas de reserva	1
Capacidad de una bomba (m3)	60

Las bombas van a tener un variador de frecuencia que va a permitir la variación del 30%, siendo el rango de caudales entre 42-60 m3

TAMIZ

El objetivo de los tamices es la eliminación de sólidos en suspensión de gran tamaño. Tienen una capacidad de eliminación mayor que las rejillas, con los tamices se puede conseguir eliminar hasta un 15% de DBO y un 25% de SS con pasos de luz muy finos. Va a haber un tamiz de reserva.

Número total de tamices	2
Q (m3/h)	100
Modelo Filtramass	GF63060
Luz (mm)	0.75

TANQUE DE REGULACIÓN

El volumen del tanque de regulación hay que sobredimensionarlo en un 15%, quedando un volumen de 217m³.

Horas	Alimentación	Acumulada IN	Extraído	Acumulado OUT	Diferencial alimentacion-extraido
0	40	40	58	58	-18
1	40	80	58	116	-36
2	40	120	58	174	-54
3	45	165	58	232	-67
4	45	210	58	290	-80
5	50	260	58	348	-88
6	70	330	58	406	-76
7	100	430	58	464	-34
8	100	530	58	522	8
9	100	630	58	580	50
10	90	720	58	638	82
11	70	790	58	696	94
12	70	860	58	754	106
13	49	909	55	809	100
14	50	959	58	867	92
15	55	1014	58	925	89
16	50	1064	58	983	81
17	50	1114	58	1041	73
18	50	1164	58	1099	65
19	40	1204	58	1157	47
20	40	1244	58	1215	29
21	45	1289	58	1273	16
22	45	1334	58	1331	3
23	55	1389	58	1389	0
24	58	1447	58	1447	0

COAGULACIÓN

El proceso de coagulación, consiste en la neutralización de las cargas eléctricas de los coloides y emulsiones presentes en el agua residual, y que dan origen a unas fuerzas de repulsión que impiden su separación a través de los procesos de decantación o flotación.

Número de tanques de coagulación	1
Volumen (m ³)	4
Diámetro (m)	2
Altura (m)	2
Diseño del coagulador	Cilíndrico
Número de cortacorrientes	4
Ancho de cortacorrientes (m)	0.2
Altura de cortacorrientes (m)	1.6

El tanque de coagulación va a tener una agitación vigorosa, por ello hay que ponerle cortacorrientes.

FLOCULACIÓN

La función de la floculación es mejorar la decantación de aquellas partículas que van a tener dificultad para ello debido a que su tamaño es muy pequeño, siendo necesario su reagrupación en otras partículas de mayor tamaño para aumentar la velocidad de decantación y la resistencia que se origina a su paso a través de la masa del agua.

Número de tanques de floculación	1
Diseño del floculador	Cúbico
Volumen (m ³)	39
Lado (m)	3.2
Altura (m)	3.5

El floculador es cubico porque el diámetro (en el caso de ser circular) es más de 3 metros. En el floculador se utiliza agitación mecánica, disponiendo de un variador de velocidad en el proceso de floculación con el fin de ajustar la velocidad según el tipo de flóculo formado.

BOMBA DOSIFICADORA

Hay que poner un sistema de dosificación del reactivo para que la coagulación tenga un resultado óptimo.

Número de bombas	1
Qmax entrada (m ³ /h)	100
Reactivo a dosificar (ppm)	200
React. Dosif. (kg/m ³)	0.2
Q bomba (kg/h)	20
Concentración reactivo (%)	10
Q bomba (l/h)	200

TANQUE DOSIFICADOR DEL REACTIVO

El reactivo elegido para la coagulación es el cloruro férrico (FeCl₃).

React. a dosificar (ppm)	200
React. Dosif. (kg/m ³)	0.2
Q (kg/h)	11.7
Concentración reactivo (%)	10
Q (l/h)	116.7
Volumen (m ³)	1.0
Diámetro (m)	1.1
Altura (m)	1.4

FLOTADOR

El proceso de flotación se realiza para eliminar los sólidos en suspensión de menor densidad que el agua, que no se pueden eliminar mediante procesos de decantación.

Número de flotadores	1
Qmed entrada (m3/h)	58.33
Tr (min)	60
T (°C)	30
CH (m3/m2*h)	3
CM (kg/m2*h)	5
Presión (atm)	5
Solub aire-agua (ppm)	9.42
X s-p (kg/m3)	0.08
P (kg aire/kg sólido)	0.04
Carga contaminante (kg/h)	43.41
A (kg aire/h)	1.74
Qr (m3/h)	22.12
Q total (m3/h)	80.45
Diseño del flotador	Cilíndrico
Superficie (m2)	27
Vol (m3)	81
Diámetro (m)	6
Altura (m)	3

REACTOR BIOLÓGICO

El objetivo fundamental del reactor biológico es la eliminación de la materia orgánica biodegradable del agua residual

Qmed entrada (m ³ /h)	58.33
DBO in (kg/d)	556
MLSS (ppm)	4500
Rendimiento (%)	94.0
CM (kg/m ² *h)	0,05
Diseño del reactor	Rectangular
Volúmen (m ³)	2400
Tr (h)	40.20
Profundidad (m)	6
Superficie (m ²)	390

El reactor va a tener una recirculación que va a salir del decantador secundario y va a volver a entrar el mismo:

Xn (%)	0.6
Xr (kg/m ³)	6
AS (kg/d)	192.0
Qr (m ³)	32.0
Qpurga (m ³)	221.7

El sistema necesita una determinada concentración de oxígeno en la balsa del reactor biológico, este oxígeno va a ser aportado por un número determinado de difusores que van a estar repartidos por toda la balsa.

DIFUSORES

OR (kg/d)	1376
kg O2/kg DBO elim.	2.64
m3 aire/h	865
m3 aire/difusor Norton*h	4
Número difusores de Norton	265

Los difusores utilizados son los Norton, y se van a repartir por la balsa según la carga contaminante, donde mas carga haya más difusores se pondrán.

Canal 1	5 filas 25 columnas	125 difusores
Canal 2	4 filas 20 columnas	80 difusores
Canal 3	4 filas 15 columnas	60 difusores

DESNITRIFICACIÓN

En el reactor biológico se ha conseguido oxidar el NTK a nitratos y para cumplir la legislación, hay que hacer una desnitrificación pasando estos compuestos a nitrógeno gaseoso:

Tr celular (d)	57.91
Zona anóxica (20%) (m ³)	480
Volumen reactor biológico (m ³)	2400
Volumen total (m ³)	2880
recirculación NO ₃ %	200

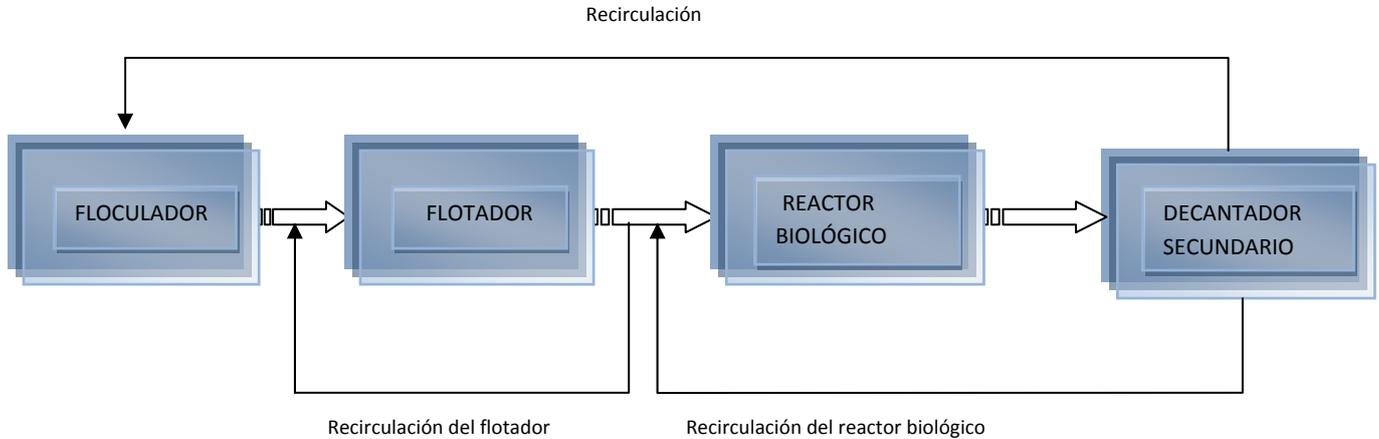
DECANTADOR SECUNDARIO

Con el proceso de decantación se consigue la eliminación de los sólidos en suspensión presentes en el agua residual. Este proceso se basa en la diferencia del peso específico entre la partícula sólida a separar y el agua, de tal forma que la disminución de la velocidad ascensional del líquido a un valor menor que la caída del sólido permita que la partícula sedimentable se deposite en el fondo del equipo. El decantador va a tener un diseño circular.

Qmed. Entrada (m ³ /h)	58.3
CH (m ³ /m ² *h)	0.5
Tr (h)	5
Diseño del decantador	Cilíndrico
Superficie (m ²)	117.0
Volumen (m ³)	292.0
Diámetro (m)	12.0
Altura (m)	3

CON RECIRCULACIÓN

Para ahorrar el proceso de espesado en el tratamiento de fangos se realiza una recirculación desde el segundo decantador al floculador.



FLOCULADOR (CON RECIRCULACIÓN)

Lo único que se va a ver afectado en la floculación es el caudal de entrada, ya que al variar tan poco el nuevo caudal no van a cambiar nada las dimensiones.

Q entrada (m ³ /h)	59.7
Número de tanques de floculación	1
Diseño del floculador	Cúbico
Volumen adaptado (m ³)	40
Lado (m)	3.2
Altura (m)	3.5

FLOTADOR (CON RECIRCULACIÓN)

En el flotador va a variar el caudal, ya que hay que sumarle el caudal de recirculación:

Número de flotadores	1
Q entrada (m ³ /h)	59.66
Tr (min)	60
T (°C)	30
CH (m ³ /m ² *h)	3
CM (kg/m ² *h)	5
Presión (atm)	5
Solub aire-agua (ppm)	9.42
X s-p (kg/m ³)	0.08
P (kg aire/kg sólido)	0.04
Carga contaminante (kg/h)	52.60
A (kg aire/h)	2.10
Qr interno del flotador(m ³ /h)	26.80
Q total (m ³ /h)	86.50
Diseño del flotador	Cilíndrico
Superficie (m ²)	29
Volumen (m ³)	85
Diámetro (m)	6
Altura (m)	3

REACTOR BIOLÓGICO (CON RECIRCULACIÓN)

El reactor biológico va a tener las mismas dimensiones:

La recirculación en el reactor será:

Xn (%)	0.6
Xr (kg/m ³)	6
AS (kg/d)	196.5
Qr (m ³)	226.7
Qpurga (m ³)	32.7
Q entrada (m ³ /h)	

El proceso de **DESNITRIFICACIÓN, SISTEMA DE DISFUSORES Y DECANTADOR SECUNDARIO** son idénticos a la versión base.

TRATAMIENTOS DE FANGOS

El tratamiento de fangos va a tener dos procesos un digestor aerobio, y una deshidratación de fangos mediante una centrifugación.

DIGESTOR AEROBIO	
Q fangos _{IN} (m ³ /d)	33.7
Volumen del digestor (m ³)	380
Lado adoptado m	20
Altura (m)	4
Fangos eliminados (kg/d)	282.7
Q _{fangos} al deshidratador (m ³ /d)	12.0

DESHIDRATACIÓN DE FANGOS	
Q fangos entr. (m ³ /d)	12.0
Centrífugas	1
Tiempo uso (d/semana)	5
horas al día	3
h/semana	15
Q fangos entr. (m ³ /semana)	60.6
Q centrífuga (m ³ /h)	4.0

4. TRATAMIENTO TERCIARIO

POZO DE BOMBEO

Q (m ³ /h)	59.7
T almacenam. (h)	2
Volumen (m ³)	120
Altura (m)	3
Capacidad de la bomba (m ³)	60
numero de bombas	2
Bombas de repuesto	1

Las bombas van a tener un variador de frecuencia que va a permitir la variación del 30%, siendo el rango de caudales entre 42 - 60m³

FILTRO VERTICAL

Q (m ³ /h)	59.7
CH (m ³ /m ² *h)	8
V agua lav(m ³ /m ² *h)	20
V aire (m ³ /m ² *h)	40
Superficie (m ²)	7.5
Diámetro (m)	3.0
T lavado (min)	10

TANQUE DE ACUMULACIÓN

Q (m ³ /h)	59.7
T acumulación (h)	24
Volumen adaptado (m ³)	1500

Se emplearán lámparas ultravioletas para lograr la total desinfección del agua tratada.

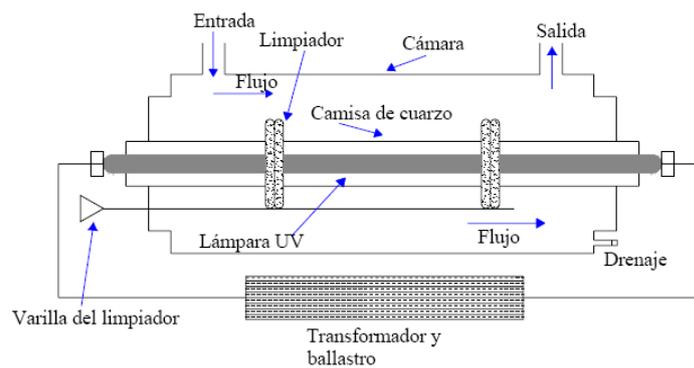


Fig.3: Lámpara ultravioleta.

TANQUE DE HIPOCLORITO

Para mantenimiento de la desinfección en almacenamiento y red, se realizará una dosificación de hipoclorito sódico.

React. a dosificar (ppm)	3
React. Dosif. (kg/m ³)	0.003
Q (kg/h)	0.18
[reactivo] (%)	10
Q (l/h)	1.80
Volumen (m ³)	0.02
Diámetro (m)	0.30
Altura (m)	0.60