



sinergia



Sistemas de Depuración en Bodegas



1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente el concepto de calidad de un producto se entendía exclusivamente como aquella intrínseca al mismo. Hoy en día, debido a los cambios y transformaciones que está sufriendo la sociedad ha llevado a ampliar la concepción de excelencia hacia una expresión de calidad total, que engloba calidad de producto más calidad medioambiental.

La protección del medio ambiente poco a poco se va exigiendo como una premisa más a presentar por los productos, y esto hace que las empresas de las que se puede afirmar que son ambientalmente respetuosas son más competitivas por ese elemento diferenciador, y es que está demostrado que el medio ambiente vende, no solo a nivel particular (consumidores) sino también a nivel de la administración local, regional, estatal y sobre todo europea. En estos tiempos es fundamental contar con un buen producto a sacar al mercado, una buena marca, así como una comercialización adecuada, pero es importante demostrar y garantizar al consumidor que la forma de elaborar los productos es sostenible y respetuosa con el medio ambiente, esta premisa es uno de los mejores avales a tener por la empresa.

Un volumen muy significativo de bodegas han apostado por la protección del medio ambiente ya que se ha convertido en un elemento prioritario a nivel social, económico y político, es uno de los principales retos de competitividad que tienen que plantear las empresas. El que una empresa sea ambientalmente correcta le va a suponer a la organización asumir una serie de costes y movilizar una serie de recursos, estos costes que se deben ver como una carga más de la cadena de producción, no como costes extras.

Un Modelo de Producción Vitivinícola Respetuoso con el Medio Ambiente tiene como objetivo prioritario el mismo que el de cualquier sistema productivo, es decir, optimizar los recursos en base a obtener un producto de calidad, con la diferencia que dicho Modelo tiene además como premisa básica minimizar los impactos ambientales derivados de esa transformación. Se basa en optimizar los recursos del ciclo de vida del vino: agua, energía y materias primas. Toda empresa normalmente extrae el máximo provecho de las materias primas que entran en la cadena de elaboración, pero no sucede lo mismo con otros recursos como el agua y la energía. Por lo tanto se deben poner los medios oportunos para optimizar el empleo de estos recursos a través de su correcto uso, consumo y tratamiento final de los vertidos generados durante el proceso productivo, tanto sólidos como líquidos,.

Los parámetros medioambientales que deben controlar una empresa son muy amplios; consumo de materias primas, agua y energía, tratamiento y gestión de residuos, ruidos, etc. El presente módulo formativo se va a centrar en el tratamiento de agua a final de línea que deben realizar las bodegas.

Las empresas vinícolas, al igual que todas las industrias agroalimentarias, tienen una fuerte dependencia del agua. En las bodegas de La Rioja se detectan consumos de agua muy superiores al realizado por otros países vecinos de tradición vitivinícola. Consumos de 1 litro agua/litro vino elaborado, en bodegas de esta Comunidad asciende a 3 litros agua/litro vino elaborado, llegando en el peor de los casos a valores de 6 litros de agua/litro vino.

Es un sector industrial que transforma los productos procedentes del sector primario por lo que ha de cumplir unos estrictos requerimientos higiénico-sanitarios, lo que explica que en las bodegas se lleven a cabo intensivos procesos de limpieza con el consiguiente gasto de agua destinada a estas operaciones. El agua se ha asociado desde siempre a un proceso de limpieza y desinfección,

cuanta más agua se utilizaba más limpio, más correcto y más higiénico desde el punto de vista sanitario parecía que era el proceso. Esta concepción de limpieza es totalmente errónea, no por gastar más agua se consigue una mayor higiene, aun cuando hay que garantizar la limpieza, higiene y sanidad se puede demostrar que se puede minimizar su uso. El agua se puede y debe emplear de una forma más racional teniendo presente una optimización de la misma.

La preocupación creciente por el uso racional y eficaz del agua tanto por su coste creciente como por las exigencias legales en materia medioambiental cada vez más exigentes, está llevando a implantar modelos de producción destinados a reducir el consumo de este recurso natural. Es difícil obtener un modelo único destinado a solventar problemáticas comunes, dependerá de la situación de cada bodega, de las Buenas Prácticas Ambientales implantadas, de la tecnología empleada, características de la bodega, etc. Es necesario hacer un estudio previo de la situación de cada bodega para obtener resultados exitosos.

2. Caracterización, Características y Problemática del vertido de las Bodegas

En el proceso de elaboración, crianza, embotellado y envejecimiento de los mostos, se produce una importante cantidad de sustancias de deshecho y de residuos, alguno de los cuales como lías, orujos, turbios de vinificación o cristales de bitartrato potásico son susceptibles de utilizarse posteriormente y poseen un apreciable valor económico en nichos de mercado como subproductos. La mayor parte de los residuos como por ejemplo los generados en el laboratorio, las aguas residuales, el cartón, cristal, etc., no lo son. Estos vertidos se deberán tratar convenientemente según marca la legislación.

Durante el proceso de elaboración de vino es elevado el volumen de aguas residuales que se genera. Las principales operaciones que generan vertidos en una bodega son los procedimientos de limpieza; de remolques o cajas de vendimia, de la tolva de recepción y despalilladora además de los depósitos, prensas, suelos e instalaciones. Todos estos vertidos deben ser convenientemente depurados hasta alcanzar unos parámetros que permitan su vertido a alcantarillado o cauce público.

En la gestión industrial del agua hay tres ejes de actuación:

- a) Ahorro del gasto de agua
- b) Depuración-tratamiento de efluentes
- c) Reciclado de las aguas empleadas en el proceso

El primer paso en la gestión del agua debe ser minimizar al máximo los efluentes generados en la bodega, puesto que a menor volumen de vertidos menor coste de tratamiento, para lo que se requerirá de un estudio profundo del proceso productivo de la empresa al objeto de disponer de un conocimiento exhaustivo de los puntos de vertidos generados. Es imprescindible conocer qué características tienen estos vertidos y dónde se genera el mayor volumen de agua residual con el fin de implantar mecanismos y buenas prácticas de operación destinados a reducir su volumen.

En una bodega hay cuatro tipos de efluentes:

- **Aguas pluviales:** Estas aguas limpias siempre que se pueda se deben separar de las contaminadas por el proceso para su vertido directo al medio ambiente puesto que carecen de sustancias que



hayan alterado su calidad.

- **Aguas de intercambio calórico:** Son aquellas empleadas en procesos de refrigeración o calentamiento, terminado su fin se suman a las aguas pluviales o se reutilizan como aguas de limpieza siempre que no hayan sufrido cambios en su composición. En estos vertidos puede existir una leve contaminación térmica pero en principio no es significativa.
- **Aguas de limpieza:** Necesitan tratamiento pues proceden del lavado y desinfección de edificios, de maquinaria e instalaciones, y por lo tanto están cargadas con materias contaminantes.
- **Aguas sanitarias o fecales:** Este vertido recogerá el agua procedente de sanitarios y fregaderos por lo que por sus características resultan asimilables al doméstico.

Los efluentes de las bodega pese a no ser caracterizados como tóxicos tienen características particulares que dificultan su gestión o tratamiento. A la hora de implantar un sistema de depuración, tanto individual como mancomunado, es imprescindible caracterizar los efluentes con el fin de seleccionar la depuradora que mejor se ajuste a las necesidades individuales de cada empresa. Los efluentes en las bodegas destacan por su:

- **Estacionalidad.** La principal fuente de contaminación coincide con la vendimia y los meses siguientes, el prensado y desfogado son especialmente contaminantes. De enero a mayo los vertidos son mucho menos importantes. Durante el proceso de embotellado se consume un notable volumen de agua pero los vertidos son de baja intensidad y si no sufren variación en sus características se pueden derivar a la red de aguas pluviales.
- **Discontinuidad a lo largo de la jornada.** La mayoría de los procesos efectuados en las bodegas son de carácter discontinuo. Esta irregularidad diaria da problemas a la hora de seleccionar e implantar un tratamiento de depuración.
- **Variabilidad según la bodega.** Las características y volumen de vertidos dependen del tipo de vinificación, los materiales de los depósitos, los equipos empleados y el mayor o menor aprovechamiento de los subproductos.
- **Fuerte contenido en materia orgánica.** Estos vertidos presentan un alto contenido de materia orgánica, con una concentración de DQO que va de 10.000 a 35.000 mg/l en periodo de vendimia. La ventaja que presenta es que estos efluentes tienen una biodegradabilidad muy buena. Relación DBO_5/DQO 0.4 – 0.5
- **Importancia de la materia en suspensión.** Es elevado el volumen de sólidos en suspensión que presentan las aguas, (pepitas, hollejos, tierra, levaduras, productos de naturaleza celulósica, tortas de filtrado, etc.).
- **Carácter ácido.** Los vertidos vinícolas tienen un pH moderadamente ácido (4 – 6), salvo los vertidos procedentes de las operaciones de lavado que al mezclarse con aguas alcalinas (sosa) se eleva su pH.
- **Presencia de polifenoles.** La presencia de estos compuestos muy poco degradables es común en este tipo de vertidos, los vinos tintos presentan una carga superior a los blancos.
- **Déficit de nutrientes** (de nitrógeno y fósforo).

Debido a la fuerte irregularidad de los vertidos vinícolas tanto en tiempo, composición como en volumen, es muy complicado establecer un valor medio de los parámetros de la contaminación que se puedan tomar como comunes para todas las bodegas. Por lo tanto, para caracterizar con acierto las aguas residuales de cada bodega se hace necesario una evaluación precisa, lo que exige un estudio exhaustivo de las empresas caso a caso.

En la Rioja hay más de 2000 bodegas de gran variedad de tipología y, puesto que la contaminación depende de las características intrínseca de cada una, influye decisivamente en la búsqueda de soluciones los parámetros siguientes:

- Tamaño y capacidad de elaboración de las bodegas.
- Operaciones practicadas. Elaboración, crianza, almacenamiento, embotellado.
- Tipo de vino elaborado. Tinto, blanco, cava, etc. y su forma de elaboración.
- Prácticas realizadas
- Ubicación. Si está situada en casco urbano o en suelo no urbanizable, si existe o no alcantarillado, si dispone o no de un espacio adecuado para instalar sistemas de depuración.
- Antigüedad de las bodegas. En La Rioja hay bodegas muy antiguas que solo disponen de una red unitaria de saneamiento.
- Medio receptor del vertido. Verter a la red de alcantarillado municipal o a cauce público influirá en la elección del sistema de depuración a implantar.

No obstante hay problemas que de forma genérica afectan a un número importante de las bodegas, como es la estacionalidad y heterogeneidad en los procesos, la falta de espacio para implantar un sistema de depuración, la inexistencia de alcantarillado próximo a las bodegas, la ausencia de medidas de minimización tanto de consumo de agua como de cargas contaminantes de vertido, la ausencia de depuradora en las instalaciones o de un mantenimiento inapropiado en el caso de disponer de un sistema de tratamiento.

La contaminación en las empresas vinícolas se mide a través de los siguientes parámetros:

- **DBO₅**: La demanda bioquímica de oxígeno representa la cantidad de materia orgánica que tenemos en el agua, es la cantidad de oxígeno necesaria para estabilizar biológicamente la materia orgánica contenida en una muestra de agua incubada durante 5 días a 20° C. Mientras que el agua residual doméstica con contaminación media fuerte puede presentar 350 mg/l, en bodega estos valores se encuentran en un intervalo muy amplio, desde 3.000 hasta 15.000 mg/l, no obstante dependerá de la operación de limpieza empleada.
- **DQO**: Medida que representa la cantidad de materia orgánica que hay en el agua residual, se estima el oxígeno necesario para oxidar químicamente la materia orgánica contenida en el agua. Por medios químicos la oxidación de la materia orgánica es más completa que por medios biológicos, por lo que los valores de DQO siempre van a ser superiores a los de DBO₅. Mientras que el agua residual urbana presenta valores de DQO de 500 – 700mg/l, en las bodegas ascienden a 5.000 – 25.000 mg/l
- **Sólidos en Suspensión**. En los vertidos domésticos los valores se encuentran en un rango comprendido entre 150 – 300 mg/l. En las bodegas alcanzan 1.000 – 6.000 mg/l
- **Conductividad**: Señala la cantidad de sales disueltas en la muestra. En las aguas domésticas es de 1.000 – 2.000 S/cm y en bodega se superan los 2.000 S/cm.
- **pH**: Es ácido, 4 – 5.

La gran diferencia que existe entre los vertidos domésticos y las aguas residuales generadas en las bodegas demuestra la necesidad de emplear sistemas de depuración propios en las empresas, ya que las depuradoras urbanas no están preparadas para asumir vertidos con valores de contaminación tan fuertes. Al no estar convenientemente adaptadas, las depuradoras urbanas se podrían llegar a inutilizar al recepcionar vertidos vínicos, dejando de sanear las aguas recibidas por las poblaciones.



3. Regulación y Control de vertidos no domésticos.

Las aguas residuales al ser vertidas al cauce de un río provocan una alteración en los equilibrios físicos, químicos y biológicos del agua. Hasta hace relativamente poco tiempo, los vertidos producidos por las poblaciones y por la escasa industria existente eran asimilados por los ecosistemas acuáticos receptores, de tal forma que a través de los procesos de dilución y autodepuración natural de las aguas éstas volvían a adquirir unas características suficientemente aceptables para poder ser reutilizadas nuevamente. En la autodepuración natural de un cauce participan tanto microorganismo como otros seres vivos (insectos, gusanos protozoos, aves y peces) e incluso factores puramente químicos. Con relación a bacterias y hongos, ambos son capaces de degradar prácticamente todos los compuestos orgánicos, bien disueltos o en suspensión del agua residual, pudiendo llegar a convertirlos en último extremo en CO₂, agua y sales inorgánicas, es decir, remineralizándolos. Se debe tener presente que el poder depurador de la naturaleza es notable pero no ilimitado, y puesto que en hoy en día los vertidos producidos por empresas, poblaciones, etc. son de tal importancia que en muchos casos la capacidad de autodepuración del medio natural no es suficiente, detectándose en el entorno focos de contaminación. Los efectos nocivos que producen en un cauce elementos contaminantes son entre otros:

- Propagación de enfermedades transmisibles por vía hídrica. En los países subdesarrollados el 80 % de las enfermedades y el 30 % de los fallecimientos se producen por enfermedades transmitidas por el agua al consumirla sin un tratamiento previo.
- Acción tóxica y cancerogénica
- Inutilización para uso humano directo o posterior
- Incidencias negativas sobre la producción de productos alimenticios
- Reducción de las posibilidades de su empleo industrial y agropecuario posterior
- Limitación del uso del agua con fines recreativos

Si las aguas son tratadas previamente a su vertido el impacto ambiental que generan es significativamente inferior que si se vierte cruda y tanto menor cuanto más complejo haya sido el tratamiento. El grado de tratamiento debe estar de acuerdo con:

- Características reológicas del cauce receptor
- Relación de caudales entre el cauce receptor y el vertido
- Estado de las aguas del río
- Utilización ejercida por parte de otros usuarios en áreas cercanas
- Balance hídrico de la zona
- Fauna y flora del cauce y del entorno

Los vertidos que receptionan los ríos y demás ecosistemas acuáticos son de diversa procedencia. Se puede establecer una clasificación entre:

- **Vertidos de aguas residuales domésticas:** Son aquellos vertidos de aguas residuales procedentes de viviendas o locales de servicios y generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.
- **Vertidos de aguas residuales no domésticas:** Vertidos de aguas residuales procedentes de locales o instalaciones en los que se realice cualquier actividad industrial, comercial o de servicios.
- *Vertidos no domésticos asimilables a domésticos:* Vertidos no domésticos que cuantitativa y

cualitativamente sean asimilables al de un usuario doméstico.

- *Vertidos no asimilables a domésticos*: Vertidos no domésticos que cuantitativa y/o cualitativamente no sean asimilables al de un usuario doméstico. Este tipo de vertidos son los generados en las bodegas de elaboración.

Los vertidos no domésticos son causantes de diversas alteraciones en la red de alcantarillado por lo que se hace necesario proceder a su control. De forma general los problemas generados por los vertidos industriales son los siguientes:

1. Afección física a los colectores o a las instalaciones de depuración:

- obstrucciones físicas por sedimentos
- agresividad de determinados parámetros como el pH o el SH₂ con los materiales constitutivos
- posibilidad de creación de atmósferas agresivas, bien por el sulfhídrico bien por el propio pH con capacidad de atacar a los conductos de los colectores y crear atmósferas molestas, inflamables o explosivas. (Este caso no es aplicable en el caso de las bodegas).

2. Afección al personal de la explotación de los servicios de saneamiento. (No es usual en las empresas vinícolas)

3. Presencia de tóxicos con acción biocida sobre los microorganismos responsables de la depuración o sobre el medio receptor. Determinados componentes como por ejemplo los metales pesados pueden afectar a los sistemas biológicos de saneamiento de las depuradoras urbanas, no obstante, no es habitual en el caso de vertidos de bodegas.

4. Una vez son depuradas las aguas residuales, los diversos contaminantes que contenían, pasan a los fangos generados durante el proceso de saneamiento, lo que podría impedir o dificultar su gestión posterior. Actualmente la normativa es muy estricta en lo que a metales se refiere pero las legislaciones van a ampliar cada vez más los parámetros de restricción y van a prestar mucha atención a otras sustancias como pueden ser entre otros, los compuestos orgánicos persistentes o emergentes, patógenos, etc. en cuyo caso sí que podría afectar a las bodegas.

5. Traslación de costes privados al sistema de saneamiento público: distorsión del principio *quién contamina paga*. Es necesario controlar o establecer un marco en el que se tengan que mover esos vertidos de la industria para no pasar costes al sector público que corresponderían al sector privado.

Todos estos conflictos han creado la necesidad de **regular y controlar las aguas residuales no domésticas** que se vierten a la red de saneamiento, y con este fin se ha dispuesto legislación encaminada a regular estos vertidos.

Dependiendo del punto final de vertido, se clasifican las aguas residuales en: Vertidos a Cauce y Vertidos a Colector.



VERTIDOS A CAUCE

Todas las aguas de final de proceso que se viertan **directa o indirectamente a aguas subterráneas** (vertidos a los cauces, al subsuelo y sobre el terreno, balsas o excavaciones mediante evacuación, inyección o depósito). Por lo tanto es una acción susceptible de contaminar o degradar el Dominio Público Hidráulico.

Son **vertidos directos a las aguas subterráneas** los que emplean la técnica de inyección sin percolación, a través del suelo o del subsuelo. Ejemplo: vertido a pozo o sondeo profundo que conecta directamente con acuífero.

Son **vertidos indirectos a las aguas subterráneas** los realizados mediante filtración a través del suelo o del subsuelo. Ejemplo: vertidos al terreno en cualquiera de sus modalidades.

Competencia de su Regulación	Estatal: a través de los organismos de cuenca
	Comunidad Autónoma de La Rioja: competencia de la Confederación Hidrográfica del Ebro.
Legislación Aplicable	Ley de aguas (Real decreto legislativo 1/2001 de 20 de Julio)
	Reglamento del Dominio Público Hidráulico (Real Decreto 949/1986, modificado por el RD 606/2003)

Los vertidos directos o indirectos no domésticos susceptibles de contaminar el dominio público hidráulico requieren autorización

VERTIDOS A COLECTOR

Todas las aguas de final de proceso que se viertan **indirectamente a aguas superficiales**. Son vertidos que se desvían a redes de alcantarillado, sistemas colectores o instalaciones de saneamiento.

Son **vertidos indirectos a las aguas superficiales** los realizados a Dominio Público Hidráulico a través de azarbes, redes de colectores de recogida de aguas residuales o de aguas pluviales o por cualquier otro medio de desagüe. Ejemplo: vertidos a colector municipal.

Competencia de su Regulación	Administración titular de la instalación receptora (del colector): - Alcantarillado y EDARs Municipales: los Ayuntamientos - Colectores generales y EDARs supramunicipales: el Gobierno de La Rioja
Legislación Aplicable	Ley de saneamiento y depuración de aguas residuales de la Rioja (Ley 5/2000 de 25 de octubre)
	Reglamento de desarrollo de la Ley 5/2000 (Decreto 55/2001, de 21 de diciembre)

Los vertidos directos o indirectos no domésticos susceptibles de contaminar el dominio público hidráulico requieren autorización

LEY 5/2000 DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE LA RIOJA

El presente punto del módulo formativo referido a legislación aplicable se centra en el desarrollo de la Ley 5/2000 de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de La Rioja, ya que por las características de las aguas residuales que las bodegas generan tal y como se ha visto en apartados anteriores junto con el destino de dichos vertidos, es de obligado cumplimiento para un gran número de las empresas vinícolas de la Comunidad. Esta Ley tiene por objeto proteger el buen estado de las aguas superficiales y subterráneas, garantizando el saneamiento y depuración de las aguas residuales vertidas en el ámbito territorial de La Rioja.

Vertidos prohibidos

El artículo 14.1. de la Ley 5/2000 señala la prohibición de verter a las redes de alcantarillado, sistemas colectores o instalaciones de saneamiento desechos sólidos, líquidos o gaseosos, que en razón de su naturaleza, propiedades y cantidad, causen o puedan causar por sí solos, o por interacción con otros desechos, alguno o varios de los siguientes daños, peligros e inconvenientes en las instalaciones de saneamiento:

- Formación de mezclas inflamables o explosivas
- Efectos corrosivos en las instalaciones
- Creación de atmósferas molestas, insalubres, tóxicas o peligrosas que dificulten el trabajo del personal.
- Producción de sedimentos, incrustaciones u obturaciones físicas
- Perturbación de la buena marcha de los procesos de depuración
- Residuos que por sus concentraciones o características requieran un tratamiento específico

(Ver relación completa de vertidos prohibidos en el Anexo I de la Ley 5/2000)

Vertidos tolerados

Se consideran vertidos tolerados todos los que no se consideran vertidos prohibidos siempre que no sobrepasen los valores límite de emisión establecidos en el Anexo II de la Ley o, en su caso, en la Ordenanza municipal y permitan alcanzar o mantener un buen estado de las aguas, de acuerdo con las normas de calidad y los objetivos ambientales que resulten aplicables. Puede haber dos límites de emisión todavía más restrictivos que la propia Ley; los que establezcan las Ordenanzas Municipales (siempre serán más restrictivos que la ley, nunca más tolerantes), y aquellos parámetros establecidos en por las propias empresas que permitan alcanzar las normas de calidad y los objetivos ambientales aplicables si se implanta un Sistema de Gestión Medioambiental.

Los valores límites recogidos en el Anexo II se deben cumplir en todo momento. Los parámetros más significativos y que más se controlan en las bodegas son los sólidos en suspensión, la materia orgánica medida por la DQO, el pH y la conductividad. Los análisis de DBO5 no son habituales ya que su realización es más compleja y más lenta en el tiempo.



PARÁMETROS	VALOR LÍMITE
Temperatura	40 °C
Sólidos en suspensión	600 mg/l
pH	5,5 - 9,5
Conductividad	5000 S/cm
DBO ₅	600 mg/l
DQO	1.000 mg/l
Parámetro	Valor límite
Aceites y grasas	100 mg/l
Aluminio	20 mg/l
Zinc	5 mg/l
Cromo hexavalente	0,5 mg/l
Mercurio	0,1 mg/l
Total metales	20 mg/l

En la siguiente tabla se puede comparar las limitaciones en los vertidos que existe dependiendo del depósito del mismo según si es a cauce o a colector. Hasta principios de 2005 se aplicaba la tabla 3 del Reglamento de Dominio Público Hidráulico, pero actualmente se está aplicando la tabla de exigencia actual de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Los valores actuales son mucho más restrictivos que los que se venían aplicando hasta la fecha y por lo tanto, las bodegas deben someter a sus aguas residuales a un proceso de depuración mucho más profundo.

Parámetro	Ley 5/2000	Reglamento Dominio Público Hidráulico	
	Vertido a colector(Anexo 2 Ley 5/2.000)	Vertido a cauce(Exigencia actual CHE)	Vertido a cauce(Tabla 3 RDPH derogada)
Sólidos en suspensión	600 mg/l	35 mg/l	80 mg/l
pH	5,5 - 9,5	5,5 - 9,5	5,5 - 9,5
Conductividad	5.000 S	-	-
DBO ₅	600 mg/l	25 mg/l	40 mg/l
DQO	1000 mg/l	125 mg/l	160 mg/l
Aceites y grasas	100 mg/l	20 mg/l	20 mg/l
Aluminio	20 mg/l	1 mg/l	1 mg/l
Cadmio	0,5 mg/l	0,1 mg/l	0,1 mg/l
Cinc	5 mg/l	3 mg/l	3 mg/l
Cromo hexavalente	0,5 mg/l	0,2 mg/l	0,2 mg/l

Trámites a cumplimentar por los titulares de los vertidos

La Ley 5/2000 de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de La Rioja establece que los titulares que realicen vertidos de aguas residuales están sujetos a realizar una serie de trámites que variarán dependiendo de las características del vertido.

Vertidos no domésticos asimilables a domésticos

Quienes realicen vertidos no domésticos que cuantitativa y cualitativamente sean asimilables al de un usuario doméstico, estarán sujetos al simple **deber de comunicación** al Ayuntamiento titular de las redes de alcantarillado o, en su caso, al Consorcio de Aguas y Residuos de La Rioja, del inicio de su actividad. Dichos vertidos deberán ajustarse, en todo caso, a los requisitos establecidos reglamentariamente para esa clase de vertidos, cuyo cumplimiento podrá ser objeto de las oportunas inspecciones. Los titulares de los vertidos comunicados junto con las características básicas de los mismos, se inscribirán en el Registro de vertidos. Reglamentariamente podrán establecerse los supuestos en los que los titulares de estos vertidos deban presentar declaraciones periódicas de características del vertido determinadas por un laboratorio acreditado.

Vertidos no asimilables a domésticos

Cuando el vertido no sea asimilable cualitativa o cuantitativamente al usuario doméstico los titulares de las instalaciones industriales, comerciales o de servicios que pretendan verter aguas residuales a las redes de alcantarillado o colectores generales deberán obtener del Ayuntamiento titular o, en su caso, del Consorcio de Aguas y Residuos de La Rioja, la **autorización** correspondiente. La solicitud de autorización de vertidos no domésticos se debe dirigir al Consorcio de aguas, salvo en el caso de Logroño que se debe dirigir al Ayuntamiento.

La **Documentación a aportar** englobará:

- Características y volumen de las aguas residuales, origen del abastecimiento, si reciben un tratamiento previo, destino de esas aguas.
- Instalaciones de tratamiento previo.
- Acreditación de existencia de arqueta para toma de muestras.

Los organismos competentes autorizarán el vertido cuando se ajuste a los valores límites de emisión fijados por el Anexo II de la Ley 5/2000, de saneamiento y depuración de aguas residuales de La Rioja, o los fijados en las correspondientes ordenanzas municipales si estas existieran.

Un punto a tener presente en todas las empresas es el deber de tomar las **medidas adecuadas para evitar vertidos accidentales** que puedan ser potencialmente peligrosos para la seguridad de las personas, redes e instalaciones de saneamiento y depuración. Si se llega a producir un vertido prohibido susceptible de originar una situación de emergencia o peligro por accidente o fallo de funcionamiento, se deberá comunicar inmediatamente la circunstancia al titular de las redes e instalaciones o, en su caso, al Consorcio de Aguas y Residuos, con el objeto de evitar o reducir al mínimo los daños que pudieran causarse.

Inspección y vigilancia

La ley establece un sistema de **inspección y vigilancia** en el que impone a titulares de vertidos no domésticos un deber de colaboración de la información que se le solicite, notificar cambios cuantitativos y/o cualitativos del efluente y permitir acceso para inspección y vigilancia. Son objeto



de inspección todos los vertidos no domésticos, ya sean autorizados, sujetos a comunicación o no declarados, así como las instalaciones de tratamiento previo. En el caso de incumplimientos hay una serie de **infracciones y sanciones**.

Muy graves: multa entre 30.000 y 120.000 ¤
Infracciones graves: multa entre 3.001 y 30.000 ¤
Infracciones leves: multa de hasta 3.000 ¤

Para corroborar que las aguas residuales vertidas están dentro de los márgenes permitidos por la legislación, se tomarán muestras en la arqueta normalizada. El Artículo 16.2. del Decreto 55/2001 por el que se aprueba el reglamento de desarrollo de la Ley 5/2000, de saneamiento y Depuración de aguas residuales de La Rioja exime a las empresas de contar con la **arqueta normalizada**, debido a que la arqueta de muestras que prevé el decreto es excesivamente grande y hay empresas que carecen de espacio suficiente en sus propias instalaciones lo que les hace imposible su colocación. La exención está subordinada a que la empresa cuente con una arqueta que permita la toma de muestras sin distorsión, para lo cual tiene que recoger todos los vertidos generados durante el proceso productivo y debe estar ubicada dentro de la instalación en un lugar fácilmente accesible. Excepcionalmente, previa autorización, puede estar ubicada en el exterior.

Decreto 4/2006, de 13 de enero, regulador de las actividades de producción y gestión de residuos

El Decreto 4/2006, regulador de las actividades de producción y gestión de residuos, dispone en su Artículo 4.- Actividades de producción de residuos:

1. Las actividades de producción de residuos sometidas a autorización administrativa serán las siguientes:

B) La depuración de aguas residuales, cuando la capacidad de tratamiento de la instalación sea igual o superior a 10.000 kg/año, o cuando la producción de lodos sea superior a 20 toneladas mensuales, y aquellas otras actividades de producción de residuos no peligrosos que el órgano ambiental decida somete a autorización por razón de las excepcionales dificultades que pudiera plantear su gestión.

Artículo 6. Procedimiento para el otorgamiento de la autorización

Artículo 7. Contenido de la autorización

Artículo 8. Duración de la autorización

Artículo 9. Modificación de la autorización

Artículo 10. Transmisión de la autorización

Artículo 11. Extinción de la autorización

Artículo 12. Suspensión de la autorización

4. Tratamiento de las aguas residuales

Cuando la composición inicial de las aguas residuales generadas durante el proceso productivo no se adecua a los límites establecidos en la Ley, la empresa va a necesitar someter al vertido a un **tratamiento previo**, y puesto que los residuos líquidos de las bodegas por sus especiales características no cumplen con los límites legales, todas las empresas vinícolas de elaboración necesitan realizar un tratamiento para asegurar el cumplimiento legal.

Una década atrás no había sistemas de depuración disponibles que realmente fueran efectivos en el tratamiento de los vertidos de las bodegas. Visto el problema de salud ambiental que generan estas aguas residuales y teniendo en cuenta que la legislación cada vez es más restrictiva, se han ido experimentando y desarrollando sistemas de tratamiento cada vez más adaptados a las necesidades del sector vinícola. Un estudio amplio de las cargas contaminantes, composición de efluentes y distribución en el tiempo entre otros parámetros, ha dado como resultado que hoy en día se encuentren disponibles en el mercado una amplia gama de tecnologías de depuración que permitan obtener las calidades de efluente exigidas por las diferentes normativas. No obstante, a pesar de ser un proceso que no entraña excesiva dificultad, no todas las experiencias de tratamientos instalados en bodegas en La Rioja han sido satisfactorias, y por este motivo es importante conocer perfectamente las características de los vertidos de cada empresa para posteriormente elegir el tipo de tratamiento que mejor se adapte a cada vertido. Es muy aconsejable contar con la asistencia de una empresa especializada en sistemas de depuración que ofrezca todas las garantías.

Los vertidos de cada bodega son casos particulares y diferentes a los demás, no hay soluciones universales válidas para toda bodega. Siempre hay que estudiar la casuística de cada empresa para seleccionar el sistema que mejor se adapte a cada caso determinado, siempre teniendo presente que debe cumplir las exigencias marcadas por la legislación medioambiental en referencia a las aguas de vertido, tanto a cauce como a colector.

En el diseño del tratamiento previo debe tenerse en cuenta las **características del vertido** durante todo el ciclo productivo y las exigencias normativas.

A pesar que es imprescindible realizar el estudio particular para cada empresa hay una serie de medidas de actuación que afecta de forma general al total del sector.

- Imprescindible el control de caudales de consumo
- Construcción de redes separativas (pluviales, refrigeración y de proceso) para evitar derivar a la depuradora volúmenes de agua que por carecer de contaminación no necesiten someterse a un proceso de saneamiento.
- Aplicación de buenas prácticas de operación y manejo en la bodega al objeto de reducir el mayor volumen posible de aguas de consumo y por tanto de vertido.
- Instalación de equipos de minimización en el consumo de agua. Una medida muy efectiva consiste en instalar sistemas de reducción del consumo de agua, como reductores del caudal en salida, sistemas a presión o cierre de mangueras en boca entre otros. Son dispositivos de bajo coste económico pero que tras su uso se certifica una reducción importante del volumen de agua consumido.
- Implantación de sistemas de depuración bien sea individual bien mancomunado. Otra solución es optar por una gestión del volumen de agua residual a través de un gestor autorizado.
- Mantenimiento de los sistemas de depuración. No es suficiente con instalar un sistema de



depuración, es necesario realizar un mantenimiento periódico del sistema de tratamiento para corroborar su efectividad y certificar que los parámetros del agua saneada por el proceso cumple correctamente con los márgenes marcados por la legislación competente.

- Estudio de la capacidad de la EDAR urbana y el porcentaje de agua residual de origen industrial (relación de porcentaje de agua residual y agua residual urbana)

Se ha comentado anteriormente que un paso previo antes proceder a instalar una depuradora es realizar un estudio de las aguas que la bodega genera (volumen y características), para conocer el sistema de depuración que mejor se adapte a sus necesidades. La homogeneización previa de las aguas residuales es inevitable para alcanzar un proceso de depuración estable y un dimensionado óptimo de la instalación.

1. Reducir en lo posible el volumen y la contaminación de aguas residuales a depurar

Para evitar instalar un sistema de depuración con capacidad de tratar un volumen de agua muy superior a las necesidades reales de la bodega, el primer paso a seguir es realizar un estudio de los procesos de la bodega, al objeto de conocer los puntos de consumo y vertido de agua que se realiza en las distintas etapas de producción. El objetivo es implantar medidas destinadas a reducir en lo posible tanto el volumen como la contaminación de los vertidos a depurar. A modo de ejemplo, a continuación se contemplan una serie de medidas orientadas a minimizar el consumo de agua:

- Separar las aguas industriales de las limpias que no necesitan depuración
- Realizar una primera limpieza en seco
- Limpieza final con agua a presión
- Implantar un plan de actuación para prevenir las fugas y derrames
- Formar e informar a los empleados

2. Análisis de las aguas residuales

Una vez se ha conseguido reducir el volumen de vertidos de las bodegas, el siguiente paso a dar es proceder a su caracterización. Es importante realizar un seguimiento durante todo un año para controlar totalmente los volúmenes de aguas residuales generadas que la bodega debe enviar a la depuradora.

El objetivo de cualquier tratamiento es eliminar los componentes definidos como contaminantes, molestos o con efectos nocivos para el medio ambiente, y ajustar la calidad del agua vertida a las especificaciones legales. Conociendo los contaminantes de los vertidos y el volumen total de las aguas, se determinará la cantidad de contaminación generada por la bodega con lo que se podrá diseñar e implantar un sistema de depuración acorde a las necesidades de la misma. La mejor forma de tratar un agua residual depende de una serie de factores, como por ejemplo:

- Caudal
- Composición
- Concentraciones
- Calidad requerida del efluente
- Abundancia de agua
- Posibilidad de reutilización
- Posibilidad de vertido a una depuradora municipal
- Tasas de vertido
- Disponibilidad de espacio para implantar el sistema

- Para dimensionar una depuradora hay que hacer un inventario de efluentes, con sus caudales instantáneos y medios. No es suficiente partir de los consumos de agua, es imprescindible hacer un estudio exhaustivo de los vertidos. La homogeneización previa de las aguas residuales industriales es, en general, inevitable para alcanzar un proceso estable y un dimensionado óptimo de las unidades. Un laboratorio especializado analizará las muestras de vertido. Se aconseja recoger varias muestras de agua residual en una misma jornada de trabajo. Estas muestras, proporcionales al caudal vertido en cada momento, se mezclarán para obtener un patrón representativo de la jornada.

Se analizarán los siguientes parámetros:

- pH
- Sólidos en suspensión
- Sólidos sedimentables
- Demanda química de oxígeno: DQO (mg/l)
- Demanda biológica de oxígeno: DBO₅ (mg/l)
- Temperatura
- Turbidez
- Conductividad
- Nitrógeno total (mg/litro)
- Fósforo (mg/litro)
- Materias oxidadas
- Sustancias inhibidoras
- Equivalente por habitante

A la hora de proyectar una depuradora, tanto individual como mancomunada, se debe conocer el volumen de producción de la bodega en la fecha de realización del estudio (litros de elaboración, compras a granel, etc). Una premisa básica a la hora de realizar el estudio de construcción de una depuradora, es pensar en la misma con una proyección a futuro. Se debe prever la capacidad productiva de cada bodega a corto-medio plazo (5-10 años) al objeto de hacer un dimensionamiento correcto. Es aconsejable sobredimensionar la planta depuradora en torno a un 15-20 %.

3. Tratamientos de aguas residuales

Caracterizado perfectamente el vertido se procederá a seleccionar el sistema de depuración que mejor se adecue a las necesidades de cada empresa.

- Instalación de una **depuradora individual** en la finca de la bodega. Se adaptará a las necesidades de la empresa dependiendo del volumen de agua a tratar y de la carga contaminante. En el diseño siempre se debe tener en cuenta una posible ampliación de la bodega.
- **Modelo mancomunado**. Son sistemas de depuración muy útiles ya que permiten la purificación de los vertidos de un número determinado de bodegas próximas entre sí en una depuradora común.
- Gestión del vertido a través de un **gestor de residuos autorizado**. Es una solución destinada a solventar los problemas de gestión de residuos para aquellas las bodegas que no encuentren factibles las anteriores opciones.

4. Análisis de los vertidos a cauce o colector

Una vez se ha realizado la depuración de las aguas residuales se deben tomar muestras antes de su vertido a cauce o colector para verificar que cumplen los valores impuestos por la legislación vigente.



5. Mantenimiento del sistema de depuración

Es necesario someter al sistema de tratamiento a un mantenimiento periódico. Es aconsejable contar con los servicios de una empresa especializada en sistemas de depuración, o nombrar a un responsable encargado de realizar las operaciones de mantenimiento.

Las revisiones periódicas asegurarán el correcto funcionamiento de la instalación y detectarán, en caso contrario, situaciones anormales de funcionamiento.

4.1. SISTEMAS INDIVIDUALES DE DEPURACIÓN

Las aguas residuales de las bodegas para ser saneadas se someterán en un primer lugar a un tratamiento primario y posteriormente a uno secundario.

Los **tratamientos primarios** tienen el objetivo de preparar las aguas residuales para su posterior tratamiento biológico o secundario, eliminan ciertos contaminantes y reducen las variaciones de caudal y concentración de las aguas que llegan a la planta de depuración, se basan en el empleo de tratamientos físicos o físico-químicos. Los **tratamientos secundarios** más habituales, por ser los que mejores resultados ofrecen en los vertidos vínicos, son los sistemas biológicos, en los que las bacterias y otros microorganismos (protozoos, algas, rotíferos, nematodos, etc.) destruyen y metabolizan la materia orgánica soluble y coloidal.

Mientras que los tratamientos fisicoquímicos tienen un coste de reactivo elevado, los sistemas biológicos aerobios son grandes consumidores de energía, necesaria en el proceso de adición del reactivo principal (oxígeno) que necesitan los organismos para digerir la materia.

Un dato significativo a conocer es el coste de tratamiento del sistema de depuración. Una vez que el vertido se ha depurado hasta alcanzar los límites permitidos por la legislación, se puede jugar con un grado de saneamiento de las aguas mayor o menor. Hay que tener en cuenta que a más depuración, el coste que supondrá el tratamiento será mayor, pero como ventaja, el canon de saneamiento a abonar será inferior (tributo que se destinará íntegramente a financiar las actividades de saneamiento y depuración que se establece en función de la carga contaminante, y en concreto en base a los sólidos en suspensión, la DQO y la conductividad). Cuanto más limpias sean las aguas menor será el coste del canon a abonar. Por lo tanto se debe encontrar el punto óptimo de depuración para que los costes globales (coste de tratamiento más el canon de vertido) sean los más bajos posibles.

4.1.1. TRATAMIENTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Estos tratamientos no depuran por sí solos los vertidos de las bodegas completamente, pero sí es cierto que contribuyen notablemente a disminuir el volumen de los vertidos y de su carga contaminante, por lo tanto, son el primer paso a instaurar en un sistema de depuración. Aplicando estos tratamientos se consigue disminuir la capacidad de la instalación y mejorar su rendimiento.

Tratamientos físicos: no generan sustancias nuevas sino que concentran los contaminantes al evaporar el agua o filtrar los sólidos de tamaño considerable. Los tratamientos físicos más comunes son:

- Separación de sólidos
- Sedimentación
- Filtración

- Flotación
- Separación de aceites y grasas

En los sistemas de depuración de las empresas vinícolas, los tratamientos físicos que habitualmente se emplean son los siguientes:

- **Desbaste o tamizado:** estos sistemas separan las partículas sólidas de gran tamaño que se encuentran en suspensión: pepitas, hollejos, raspones, etc. Estos residuos deben ser retirados, pues su presencia en el proceso de depuración genera una mayor carga contaminante así como riesgo de obturación en las conducciones, bombas y demás elementos del sistema de tratamiento.
- **Concentración de efluentes:** eliminando parcialmente el agua contenida en los efluentes se reduce el volumen de los mismos, optimizando de este modo el funcionamiento de la instalación de depuración. La evaporación natural en balsas, evaporación forzada por ventilación, concentración por condensación fraccionada o por ósmosis, inversa son algunos de los sistemas de concentración de efluentes disponibles.

Tratamientos químicos: Los tratamientos químicos acondicionan los vertidos para su posterior depuración. En las bodegas los tratamientos más frecuentes son los siguientes:

- Insolubilización de sustancias. Es interesante si contienen los vertidos anhídrido sulfuroso, puesto que la adición de cal lo elimina por un proceso de precipitación.
- Coagulación y sedimentación de sólidos en suspensión.
- Corrección del pH para favorecer las condiciones de depuración biológica. Se fuerza a las aguas hasta alcanzar un rango de pH que sea el adecuado para permitir el desarrollo correcto de los organismos encargados de realizar la depuración biológica.
- Adición de nutrientes (P, N). Se favorecerá el desarrollo de microorganismos.
- Oxidación química (O₂, O₃). Se enriquece de oxígeno las aguas residuales para favorecer el crecimiento de microorganismos aeróbicos.

4.1.2. TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

Estos tratamientos son los más adecuados a emplear en aguas cargadas con materia orgánica. Los microorganismos encargados de depurar el agua pueden ser aerobios (se desarrollan en presencia de oxígeno) o anaerobios (se desarrollan en ausencia del mismo). Siendo los tratamientos aeróbicos los más aconsejables por su efectividad y rapidez en el proceso de depuración. En un tratamiento biológico, las bacterias y otros microorganismos destruyen y metabolizan la materia orgánica soluble y coloidal, reduciendo la DBO y la DQO a valores inferiores a 100 mg/l.

La siguiente tabla determina desde el punto de vista cualitativo y de forma totalmente orientativa, que tipo de proceso puede ajustarse convenientemente para aplicar en la depuración de las bodegas. En bodegas pequeñas con un vertido inferior a los 100 m³/día, si el destino final del vertido es a colector, con un sistema biológico aerobio sería suficiente, mientras que si es el cauce público puede ser interesante implantar un sistema de depuración más exigente, como por ejemplo un tratamiento por membranas, al igual que sucedería si el agua depurada se desea reutilizar en el proceso. En determinadas situaciones, en las grandes bodegas es aconsejable estudiar la implantación de sistemas anaerobios.



		SOLUCIÓN DEPURATIVA		
TIPO BODEGA		COLECTOR	CAUCE PÚBLICO	REUTILIZACIÓN
Pequeñas bodegas (< 100 m ³ /d)		BIOL. AEROBIO (Convencional / SBR)	MBR	MBR
Grandes bodegas (> 100 m ³ /d)	< 5.000 Kg DQO	BIOL. AEROBIO (Convencional / SBR)	BIOL. AEROBIO	MBR
	> 5.000 Kg DQO	ANAER	ANAER + BIOL. AEROB.	ANAER + MBR

Además de la necesidad de fuentes de carbono y temperatura adecuada, a la hora de someter a las aguas industriales a un tratamiento biológico hay que tener muy presente el rango de pH, la concentración de sólidos disueltos y la presencia de nutrientes.

- La actividad enzimática y, por tanto, la velocidad metabólica dependen críticamente del **pH**. El rango óptimo suele estar en el intervalo comprendido entre 6 – 8. La muerte celular normalmente se produce a pH inferiores a 4 o superiores a 9, sin embargo, algunos microorganismos pueden sobrevivir aun dándose estos valores extremos.
- La **concentración de sólidos disueltos** en el medio acuoso puede afectar al tratamiento biológico. Si esta es demasiado alta la presión osmótica afecta al transporte de compuestos orgánicos a través de la membrana celular, y en casos extremos se puede llegar incluso a la muerte celular. Para mantener la actividad microbiana se deben evitar variaciones bruscas en la concentración de sólidos disueltos.
- Para el correcto metabolismo de los microorganismos causantes de la depuración, se necesita una **concentración de nutrientes** correcta. La masa celular contiene carbono como elemento fundamental entre muchos otros nutrientes. El fósforo y el nitrógeno, junto con el carbono, son necesarios en mayor cantidad que cualquier otro elemento (macronutrientes). La falta de estos elementos puede reducir el crecimiento y la reproducción de los microorganismos. Frecuentemente el nitrógeno y el fósforo no están disponibles en cantidad suficiente en los residuos industriales por lo que deben ser añadidos de forma exógena. Una relación óptima entre la cantidad de carbono orgánico total (TOC), nitrógeno y fósforo es:

$$\text{TOC} : \text{N} : \text{P} = 20 : 5 : 1$$

4.1.2.1. Tratamientos aerobios

En estos tratamientos la biomasa está constituida por microorganismos aerobios o facultativos consumidores de oxígeno. El carbono de la materia orgánica disuelta en el agua se convierte parcialmente en CO₂, con producción de energía, y en parte es anabolizada para sintetizar materia celular. Se puede optar en el tratamiento de agua por implantar distintos tipos de depuración aerobia, cuya elección dependerá del volumen, concentración, características y variabilidad del vertido. Un punto clave de estos sistemas es la presencia de oxígeno, el cual se introduce en los vertidos residuales a través dispositivos tales como sistemas de inyección o bombeado.

Varias son las alternativas disponibles para realizar la depuración de las aguas por tratamientos aerobios, entre los tratamientos más adecuados para las empresas vinícolas se encuentran los siguientes:

- Fangos activados convencionales
- Reactor Biológico de Ciclos Secuenciales (SBR)
- Reactor Biológico por Membranas (MBR)
- Proceso de Lecho Móvil

Fangos Activados Convencionales

El sistema de tratamiento de las aguas residuales mediante fangos activados, nació en 1882 con los primeros ensayos de aireación de efluente, pero no alcanzó su pleno desarrollo hasta 32 años después. Desde entonces hasta la actualidad el sistema ha ido cambiando sin revoluciones técnicas y con un lento desarrollo, que solamente ha experimentado una cierta evolución en las últimas dos décadas.

Estos sistemas continuos de fangos activados son los tratamientos de depuración de aguas más extendidos debido a su eficacia.

El proceso de fangos activos consiste en poner en contacto en un reactor el agua residual, la biomasa y el oxígeno disuelto en condiciones de agitación suficientes para mantener la biomasa en suspensión y asegurar un buen contacto con el oxígeno disuelto. Después de un tiempo de reacción suficiente la masa de fangos activos se lleva a un decantador secundario donde se separa el agua clarificada. Parte de los fangos sedimentados se devuelven al reactor para mantener la concentración constante de biomasa requerida, mientras que el resto se eliminan como purga. La proporción de fangos que hay que recircular es un parámetro fundamental para el control de una depuradora biológica. En el proceso de fangos activados es necesario separar la biomasa del agua tratada, siendo este el objetivo de la decantación secundaria. La función de esta etapa del tratamiento sirve tanto de clarificación para producir un efluente bien tratado, como de espesamiento para obtener una concentración suficiente en la extracción de fangos. Sin una recirculación bien diseñada y controlada, no puede optimizarse la decantación secundaria.

Un sistema de depuración por fangos activados se compone de las siguientes etapas:

- Tamizado: paso previo necesario para retirar lo sólidos de mayor tamaño como hollejos, raspones, pepitas, al objeto de disminuir la carga contaminantes y facilitar el proceso de depuración.
- Neutralización: los microorganismos, como todos los seres vivos, son muy sensibles al carácter ácido o básico del medio, por lo que un paso imprescindible es neutralizar las aguas residuales a tratar para conseguir un medio propicio de desarrollo. Dependiendo del carácter ácido o básico del vertido se añadirán unos reactivos u otros, como por ejemplo sosa o ácido clorhídrico.



- Adición de nutrientes: hay que mantener un equilibrio en los reactores biológicos, se estima que por cada 100 unidades de DBO₅ tiene que haber cinco unidades de Nitrógeno y una de Fósforo, lo que es necesario para evitar problemas de Bulking.
- Homogeneización: el vertido se almacena en un depósito para conseguir unas características similares sin puntas de contaminación. En los reactores biológicos se deben introducir vertidos de características similares.
- Depuración propiamente dicha. Etapa llevada a cabo en los reactores biológicos.
- Decantación. Separación del agua sobrenadante de los fangos. El fango se recircula a los reactores biológicos para mantener las concentraciones de biomasa.
- Deshidratación: Los fangos son espesados para el desecado de los mismos al objeto de permitir su almacenamiento y posterior gestión.

Esta línea de tratamiento descrita no es universal ya que sobre este esquema pueden aplicarse variantes.

Principales **ventajas** de estos tratamientos:

- Es un proceso muy conocido y sencillo de llevar a cabo. La mayoría de las depuradoras de aguas urbanas cuentan con este sistema.
- Es flexible y ofrece buenos resultados

Como **inconvenientes** cabe destacar:

- La elevada superficie de ocupación que presentan debido a que trabajan a concentración de fangos de 4 g/l aproximadamente, lo que hace necesario que los reactores biológicos sean notablemente grandes respecto a otros sistemas de depuración.
- La generación de fangos es elevada.

La explotación de una planta de depuración que utiliza fangos activados suele presentar otros problemas de explotación inherentes al propio sistema de depuración:

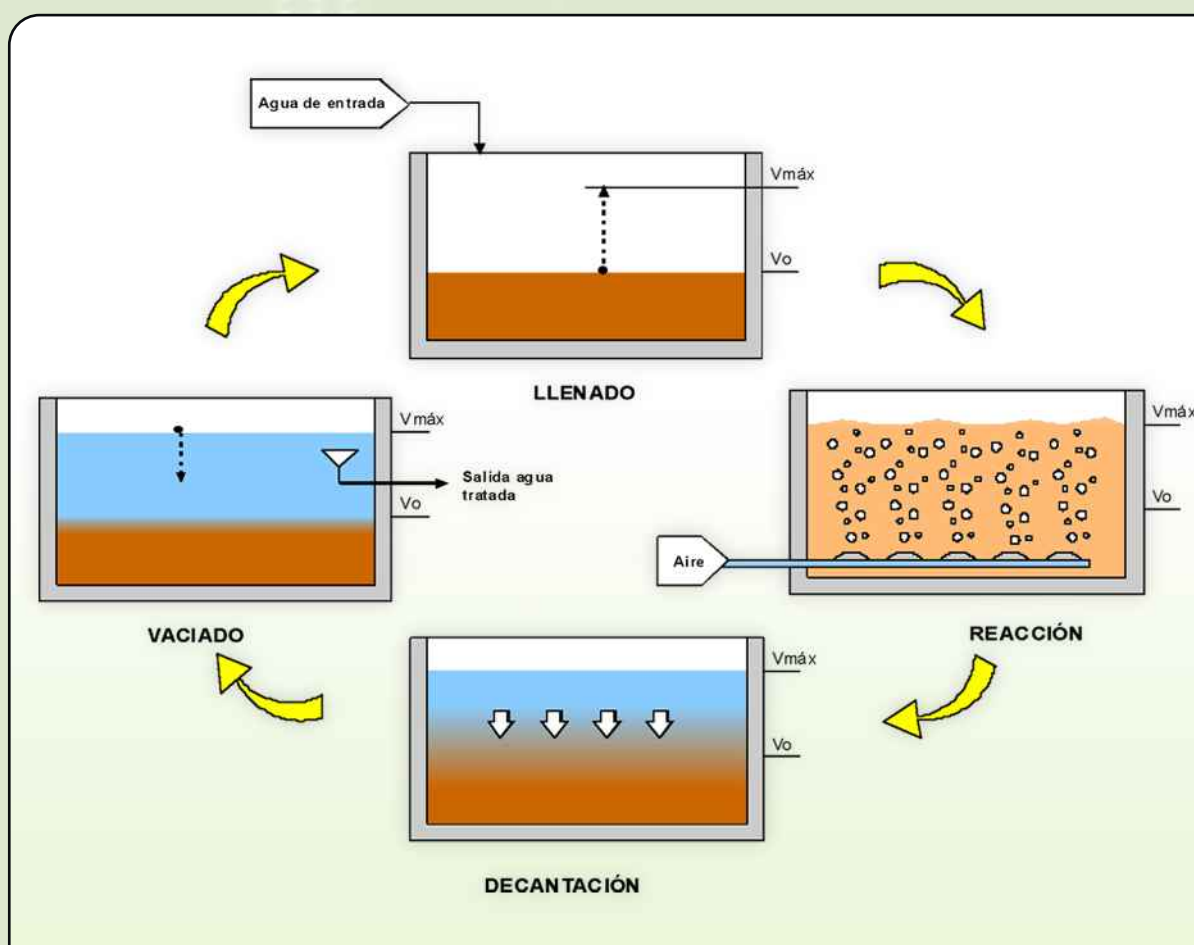
- Modificaciones de la sedimentabilidad de los fangos (*Bulking filamentoso*). En el cultivo biológico del reactor puede darse el caso de crecimiento excesivo de microorganismos filamentosos. Estos organismos tienen una superficie relativa (superficie/volumen) más alta que los floculantes, e impiden el acercamiento de los flóculos en el decantador secundario y por tanto imposibilitan que estos se separen del clarificado. Esto da lugar a la retención de sólidos en el decantador y en el caso extremo a la obtención de un decantador lleno de fangos biológicos con la posibilidad de escaparse por el efluente. Puede considerarse que el bulking empieza cuando comienzan los problemas de decantación debido a una insuficiente velocidad de sedimentación de los flocos. Generalmente los fangos activados se suponen en bulking cuando el índice de fangos supera los 200 cm³/g.
- Espumas (*nocardia*). Algunos fangos activados pueden producir de forma continua o intermitente unas espumas persistentes, viscosas y de color marrón. Estas espumas, completamente distintas de las espumas blancas que aparecen principalmente en las caídas de agua tratada, llegan a cubrir las cubas de aeración con espesores de hasta un metro en casos extremos.
- Olores. En funcionamiento normal, el sistema de fangos activados no produce olores. Las posibles emisiones pueden ser debidas, entre otras causas, a las espumas que al permanecer mucho tiempo en las cubas pueden fermentar, además de a la obra de llegada, bombeo, desbaste o desarenador si el efluente llega en estado séptico.
- Ruidos. El edificio de compresores debe construirse completamente cerrado, con una puerta estanca aislada. La ventilación debe ser adecuada, con entradas y salidas de aire equipadas con buenas protecciones acústicas.

Reactor Biológico Secuencial Discontinuo (SBR)

Es un sistema secuencial discontinuo de fangos activados donde la separación de fangos no se hace en un clarificador secundario ni en membranas, sino en el propio reactor. Hay una simplificación de la obra a realizar del sistema de tratamiento.

Al igual que en otros sistemas el proceso de depuración comenzará con una serie de tratamientos primarios, como puede ser un tamizado o ajuste de pH, etc.

Las fases que simplifícadamente engloba este proceso secundario son las siguientes; comienza con una fase de **llenado** donde se aporta el agua bruta. Una vez es cortada la alimentación comienza la fase de **reacción**, en esta etapa la mezcla de los efluentes con los fangos activados se va depurando ayudada por un tratamiento de agitación y aireación. Al cabo de un cierto tiempo se detiene la aireación y la agitación pasando a la etapa de **decantación** de los fangos. El agua clarificada es evacuada para posteriormente ser extraídos los fangos contenidos en exceso dejando en el reactor una cierta cantidad para iniciar un nuevo ciclo de depuración.





Las características de este sistema se pueden resumir en:

- Como el reactor funciona como un tanque de ecualización durante la etapa de llenado, al tener el reactor a nivel bajo es posible introducir en el periodo de llenado distintos volúmenes y cargas variables de agua. Puede tolerar picos de caudal, de carga orgánica, de nutrientes o de pH sin perder calidad en el efluente. Tolerancia a cargas hidráulicas y orgánicas variables.
- Los sólidos pueden ser mantenidos por largos tiempos en el reactor, evitando problemas de fuga de fangos.
- Condiciones ideales para la sedimentación que permite la floculación aún de pequeños flocs. En este sistema, en el decantador no se genera un ascenso de agua precipitada y un flujo descendente de fangos que se puedan interferir, en este caso solamente hay una decantación estática que mejora las características de la decantación.
- Mejor control del crecimiento de los organismos filamentosos que pueden ser controlados variando las estrategias del proceso, como por ejemplo llenado en ausencia de oxígeno, etc.
- Produce normalmente menor cantidad de lodos que los sistemas en continuo. Aproximadamente la cantidad de fangos producidos es 20 a 30% inferior.
- Demanda menor cantidad de potencia instalada que los sistemas convencionales continuos (Dependerá de cada caso)
- Menor espacio requerido para igual capacidad de tratamiento.
- Potencial ahorro de costos al no requerir clarificador o decantador secundario, puesto que los fangos siempre los tenemos en el reactor.
- En principio menores costes de instalación que el sistema convencional por la eliminación del sedimentador secundario y de la bomba de recirculación de fangos.
- Pueden realizar la función de nitrificación y desnitrificación.
- Posible ajuste del nivel y, por tanto, de volumen de reacción. El reactor puede trabajar a distintos volúmenes de llenado (50 – 100 %) dependiendo de las épocas de trabajo de la empresa y de las cargas introducidas.
- El SBR tiene una tasa de reducción más alta porque funciona con concentraciones más altas de DBO, DQO.
- Gran flexibilidad operacional de las plantas. Los procesos unitarios no están fijos en el tiempo sino que se pueden variar los tiempos de retención, de aireación, de decantación. Pueden ajustarse según necesidades operativas.

Los inconvenientes más destacables son los siguientes:

- Muy sensible a la decantabilidad del fango
- Producción de fangos notable

Biorreactor de Membranas (MBR)

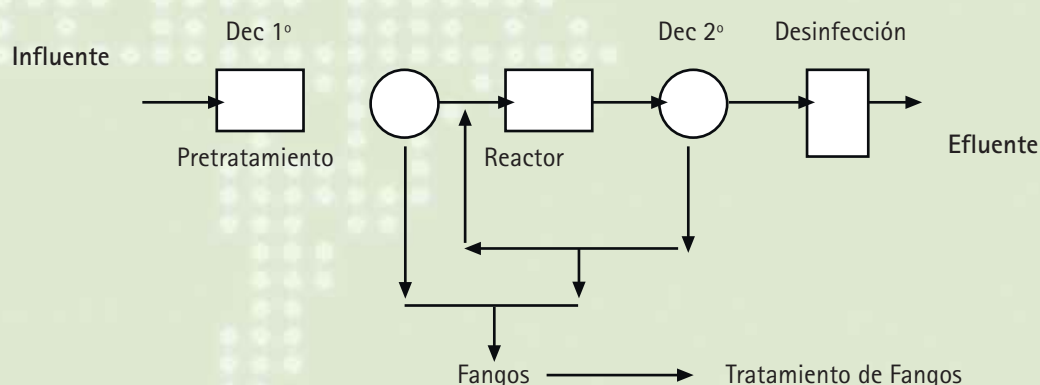
Este sistema de tratamiento es una mejora del anterior sistema de depuración (Reactor Biológico Secuencial Discontinuo (SBR)). A la hora de implantar este sistema es imprescindible primar la caracterización del vertido, no solamente en la época de campaña sino durante el resto del año, fundamentalmente en la época de limpieza de barricas, ya que determina en gran medida el caudal que va a entrar en la depuradora.

Los MBR son reactores biológicos aerobios en los que se integra la degradación biológica aerobia de los efluentes con un proceso de filtración por membranas de ultrafiltración o de microfiltración. El sistema reemplaza el tratamiento convencional y combina la clarificación, aireación y filtración en un proceso de una sola etapa. Estos tratamientos se diferencian del resto de sistemas biológicos aerobios únicamente en la forma en la cual se realiza la separación física del agua depurada y la biomasa. El objetivo es tratar de aumentar la concentración de la biomasa y solucionar los problemas de decantación de los fangos haciendo circular los efluentes de forma tangencial por una membrana mineral u orgánica de porosidad comprendida entre 0.02 – 0.50 micras, colocadas sumergidas en módulo dentro de la balsa o bien en el exterior de la misma.

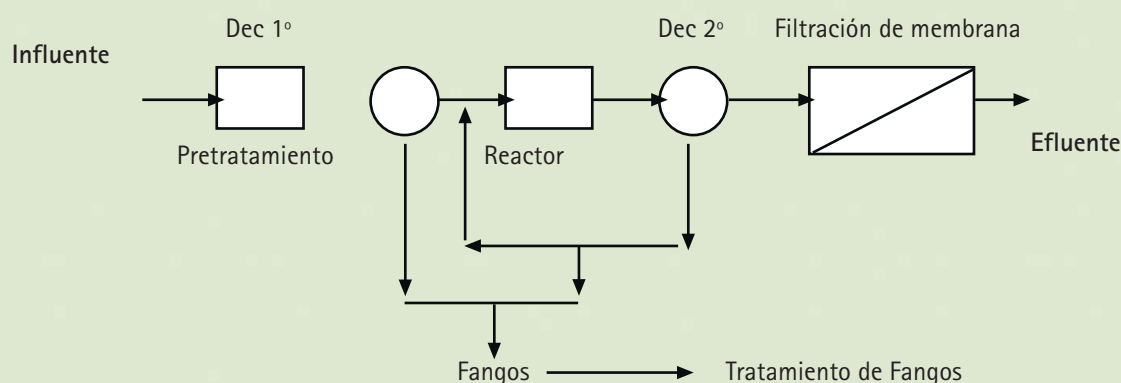
Los bioreactores de membrana están compuestos por dos partes principales que son la unidad biológica responsable de la degradación de los compuestos presentes en el agua residual y el módulo de la membrana encargado de llevar a cabo la separación física del licor de mezcla.

Comparando un sistema de fangos activos convencional con un proceso de depuración por membranas, para llegar a la calidad que ofrece este sistema vemos que el proceso se simplifica bastante.

- **Proceso convencional:** parte el proceso de un desbaste, posteriormente se trata en un clarificador primario, aireación en un reactor aerobio, decantador secundario, filtración.



- **Proceso de tratamiento por membrana:** el vertido tras un proceso de desbaste que es fundamental, pasa posteriormente al reactor con las membranas (las membranas pueden ir sumergidas en el caso de plantas grandes, o en un módulo exterior como sucede en las bodegas por ser caudales pequeños). El fango bombeado del reactor al módulo de membranas se mantiene en una recirculación constante, de ahí se absorbe el agua y se expulsa. Al ser plantas pequeñas se favorece el mantenimiento.



Las membranas de una unidad MBR se pueden clasificar:

Atendiendo a la forma:

- membranas planas
- tubulares
- de disco rotatorio
- de fibra hueca



Atendiendo a su composición:

- Orgánicas: son aquellas cuya capa activa está fabricada por un polímero o copolímero orgánico (polisulfona, polietersulfona, polietileno etc.)
- inorgánicas (cerámicas fundamentalmente)

Se distinguen dos tipos principales de bioreactores de membrana en base a su configuración:

Bioreactores con membrana integrada o sumergida: La unidad de membrana que realiza la separación física está inmersa en el tanque biológico. La limpieza de la membrana se realiza a través de frecuentes retrolavados con agua permeada y aire y ocasionalmente mediante retrolavados con soluciones químicas. Generalmente se coloca un difusor de aire justo debajo del módulo de la membrana para suministrar el aire necesario para homogeneizar el contenido del tanque, para el proceso biológico y para la propia limpieza de la membrana.

Membranas externas o con recirculación al bioreactor: Esta configuración de MBR implica que el licor de mezcla es recirculado desde el bioreactor hasta la unidad de membrana que se dispone externamente a la unidad biológica. La fuerza impulsora es la presión creada por la alta velocidad del flujo a través de la superficie de la membrana.

COMPARACIÓN ENTRE AMBAS CONFIGURACIONES DE MBR

Con membrana sumergida:

- Costes de aireación altos (90%)
- Costes de bombeo muy bajos
- Flujo bajo (compactación menor)
- Frecuencia de limpieza baja
- Costes de operación menores
- Inversión inicial fuerte

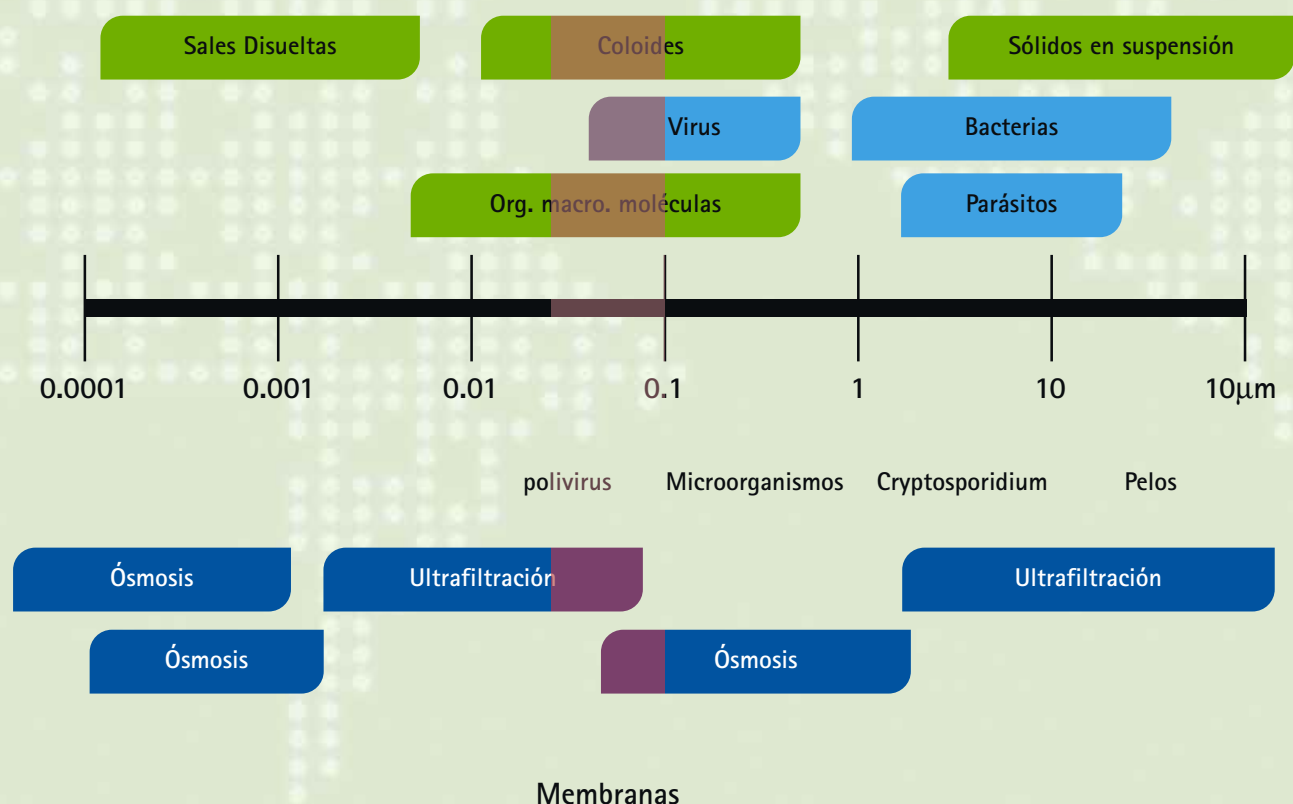
Con membrana externa o presurizada:

- Costes de aireación bajos (20%)
- Costes de bombeo altos (60-80%)
- Flujo alto (mayor compactación)
- Requiere mayor frecuencia de limpieza
- Costes de operación elevados
- Inversión inicial menor

Este sistema permite concentrar los efluentes hasta valores de 11 – 15 gramos de materias en suspensión por litro, mejorando el rendimiento de las bacterias y reduciendo de manera importante el volumen de la obra civil de la estación depuradora. El agua depurada puede resultar con una carga menor a 50 mg/litro de DQO, muy inferior a los 90 – 100 mg/litro de DQO logrados con tratamientos tradicionales de fangos activados.

La alta concentración de biomasa (entre 11 – 15 gr/l) alcanzada en el interior de los reactores biológicos gracias a las membranas permite:

- Menor volumen en el reactor biológico.
- Menor producción de fangos, entorno al 50 – 60 % respecto al modelo convencional
- Mejor calidad en el agua de salida.
- Es posible la reutilización del agua por estar exenta de bacterias y virus.
- Elimina problemas de mantenimiento biológico (mantenimiento básicamente electromecánico).



Los criterios para obtener un rendimiento óptimo las membranas usadas en la unidad MBR son los siguientes:

- Deben ser inertes y no biodegradables
- Deben de ser fáciles de limpiar y de regenerar además de ser resistentes a los agentes químicos y a la presiones y temperaturas elevadas.
- Deben tener una distribución de los poros uniforme y elevada porosidad.
- Las membranas deben de ser neutras o presentar carga negativa para evitar la adsorción de los microorganismos.
- Deben ser duraderas y fáciles de sustituir.
- Deben de ser capaces de resistir las condiciones específicas del agua de alimentación.

Implantar un sistema de depuración por Biorreactor de Membranas puede ser aconsejable en los siguientes supuestos:

- Falta de espacio en las instalaciones de la empresa.
- Cuestión de estética, puesto que el reactor se puede soterrar y el módulo de membranas se puede disimular en una pequeña construcción.
- Ampliación de la capacidad de las plantas de depuración instaladas.
- Reducción de la producción fangos.
- Se suele emplear para caudales pequeños altamente cargados.
- Si se desea reutilizar o desinfectar el agua.
- Si se tiene un acceso limitado al agua o el coste de la misma es elevado
- Exigencias ambientales estrictas en la zona



Las principales **ventajas** destacables en este sistema de tratamiento son las siguientes:

- Las cargas altamente variables tanto en concentración como en caudal, no tienen efectos adversos en la planta.
- No depende de la velocidad de sedimentación de la biomasa.
- Excelente calidad de vertido (aguas aptas para riego según la normativa europea vigente). El efluente de la planta alcanza los criterios más estrictos de vertido.
- El 100 % del agua tratada se adecua a cualquier aplicación, desde cisternas en sanitarios hasta el riego.
- Mínima ocupación de espacio (concentración de fangos entre 10 y 14 g/l, no necesita decantador). Una planta MBR puede ajustarse a un espacio menor del 10 % del requerido para una planta convencional.
- Menor producción de fangos. La reducción de la producción de fangos puede ser superior a un 50%.
- Posibilidad de ampliación de los módulos.
- Las plantas existentes pueden ampliarse en un 500%, sin necesidad de obra civil, simplemente añadiendo membranas a las cubas existentes.
- Cualquier planta puede ser controlada y operada mediante un sistema remoto.

A priori las **principales limitaciones** de la tecnología tienen principalmente carácter económico ya que requiere una inversión inicial importante puesto que el coste de explotación de las unidades de membrana son notablemente mayores que los de los fangos activados. Aunque los sistemas conllevan un gasto energético importante para lograr las presiones requeridas en el sistema, los estudios comparativos realizados hasta ahora confirman que los consumos energéticos de los MBR con membranas sumergidas son similares a los de las plantas convencionales.

La polarización y otros problemas de ensuciamiento de las membranas también limitan su uso. Una desventaja puede ser el tratamiento de los lodos generados ya que pueden presentar problemas de sedimentabilidad dado que la mayoría de los sólidos en suspensión son retenidos en el biorreactor.

Lecho móvil

El tratamiento de aguas residuales por Lecho Móvil es otro nuevo sistema proyectado al objeto de sustituir a los convencionales sistemas de fangos activos.

Este es un sistema de implantación sencilla que requiere mínimas superficies y volúmenes respecto a otras tecnologías. El elevado coste del terreno en determinadas zonas industriales hace preferibles soluciones más compactas aún cuando representen una inversión inicial superior.

El principio que rige este sistema se basa en el crecimiento de una biomasa (biopelícula formada por bacterias responsables de la eliminación de la materia orgánica) en soportes plásticos que se mueven en el reactor biológico mediante la agitación generada por sistemas de aireación (reactores aerobios) o por sistemas mecánicos (en reactores anóxicos o anaerobios). La biopelícula que se forma en las paredes de los soportes plásticos se caracteriza por una mayor efectividad que los flóculos biológicos, y a su vez, las piezas empleadas contienen una elevada superficie específica por unidad de volumen. Estas dos particularidades hacen que los reactores de lecho móvil sean de volumen mucho menor que los de fangos activos. Estas pequeñas piezas son de material plástico de una densidad próxima a 1 gr/cm^3 que les permite moverse fácilmente en el reactor incluso con porcentajes de llenado del 70%.

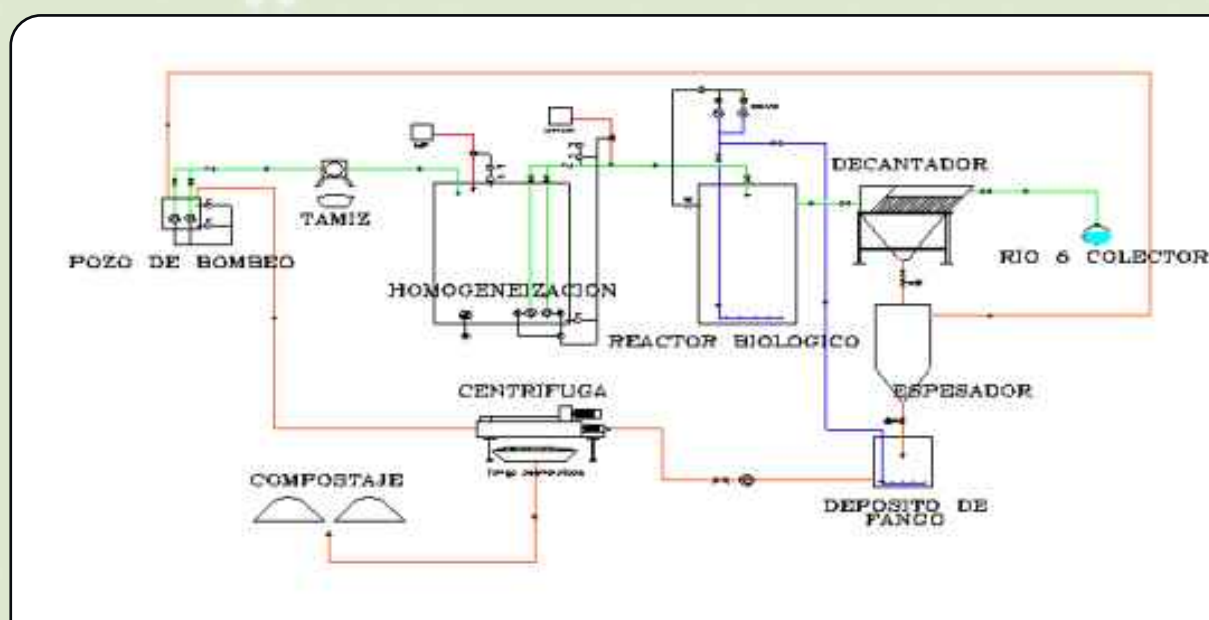
En las capas superficiales de la biopelícula tienen lugar las reacciones biológicas (eliminación de materia orgánica y de nitrificación – desnitrificación). La oxidación de la materia orgánica genera

un incremento de biofilm haciendo que parte se desprenda y quede en suspensión en el agua. Estos sólidos en suspensión por el propio movimiento del agua en la depuradora suponen el exceso de fangos generados en el sistema, por lo cual se evita la recirculación de fangos necesaria en fangos activos. Se separan físicamente del agua en un decantador o flotador para su posterior tratamiento.

Dependiendo de las características del agua y de los límites de vertido exigidos, las instalaciones de lecho móvil pueden estar compuestas de los siguientes elementos:

- Tamizado
- Balsa de homogeneización: Se regula el pH y se homogeneiza el vertido a tratar.
- Dosificación de nutrientes: Depósito de preparación de urea y fosfórico, y bombeo a los reactores biológicos.
- Reactores biológicos: Reactores en los que se encuentra el relleno en suspensión, bien aerobios o anaerobios, en los que se produce la asimilación biológica del contaminante que se desea eliminar.
- Decantador: Elemento en el que se da la separación de la materia en suspensión y el agua clarificada efluente. Los sólidos recogidos en la parte inferior del decantador se extraen al depósito de fangos.
- Depósito de fangos: Depósito de almacenaje de los fangos purgados del decantador para su posterior tratamiento o gestión.

El elemento siguiente muestra un diagrama de flujo básico de este sistema de depuración



Ventajas de este sistema:

- Reducción del volumen de reactor:

Mayor efectividad de la biopelícula que los flóculos biológicos de otros tratamientos. Así como en el fango activo se habla de concentraciones de 4 gramos / litro, aquí se puede alcanzar de 8-10 gr/l. Con lo cual el volumen del reactor se reduce.

Los soportes plásticos empleados contienen una elevada superficie específica por unidad de volumen.

-Decantabilidad del fango. El exceso de biomasa desprendida del soporte presenta unas características de sedimentación muy buenas.



- Flexibilidad: Se puede variar la cantidad de relleno en el reactor biológico dotando al sistema de gran flexibilidad.
- Facilidad de operación y control. No requiere recirculación de biomasa al reactor. Esto da lugar a que la biomasa no dependa de la separación final del fango y en consecuencia dé problemas habituales encontrados en procesos convencionales de fangos activos relacionados con la sedimentabilidad del fango (bulking filamentoso). Una concentración anormal de las bacterias filamentosas, es la responsable en el 80 de los casos del mal funcionamiento de un tratamiento de fango activados convencional.
- La operación y control de este tipo de procesos son sencillos. Por una parte, el proceso evita los problemas de atascamiento y consecuentemente periodos de limpieza continuados, además, no es necesario un control de la purga de fangos ya que el sistema mantiene la biomasa en el reactor hasta que es desprendida del soporte.
- Reactores de biomasa específica. La biomasa permanece siempre en el mismo reactor. Se genera gran concentración de biomasa específica en cada reactor.
- Proceso menos sensible a variaciones de carga. Debido al crecimiento de la biomasa en el interior del soporte plástico.
- Reducción de los costes de personal debido a la sencillez de operación.
- Menor inversión en obra civil.

Inconvenientes:

- Coste del soporte plástico
- Se requiere elementos para impedir el paso de soporte en el reactor
- Necesidad de trabajar a set-point de O_2 ligeramente más altos (2-3 mg O_2/l) debido al elevado gradiente de O_2 a lo largo de la capa de biofilm.

4.1.2.2. Tratamientos anaerobios

En estos tratamientos biológicos las bacterias anaerobias son las encargadas de la destrucción y metabolización de la materia orgánica soluble y coloidal.

Para aguas residuales con alta carga orgánica (2.000 - 30.000 mg DBO / l) la digestión anaerobia puede representar la solución más conveniente. En un reactor anaerobio, la materia orgánica soluble y coloidal se transforma en ácidos volátiles que a su vez se transforman en metano y CO_2 . La metanización o fermentación anaerobia es un proceso biológico que en condiciones de ausencia de oxígeno permite la transformación de la materia orgánica en una serie de productos gaseosos: CH_4 , CO_2 , H_2 , SH_2 (Biogás).

La fermentación anaerobia se efectúa mediante un conjunto complejo de especies bacterianas que en condiciones ambientales bien precisas forman asociaciones estables.

- Las reacciones de las bacterias productoras de hidrógeno (excepto la formación de acetato a partir de lactato) son reacciones endotérmicas. Esto significa termodinámicamente que estas reacciones solo pueden tener lugar bien introduciendo energía al sistema o bien eliminando continuamente uno de los productos de reacción.
- Las bacterias acetógenas productoras de hidrógeno están acopladas en una especie de simbiosis (asociación sintrófica) con las bacterias consumidoras de hidrógeno (bacterias metanogénicas hidrogenófilas).
- El análisis del metabolismo de los grupos bacterianos implicados en las diferentes fases no puede ser considerado independientemente ya que la eficacia metabólica de cada grupo es dependiente de los otros.

Los sistemas de tratamiento anaerobio son interesantes para instalaciones de gran tamaño que generen un volumen importante de vertidos líquidos. Son sistemas que requieren un coste de la inversión superior al tratamiento clásico. En las bodegas de tamaño pequeño – medio que no dispongan de personal propio de mantenimiento del sistema de depuración, la depuración anaerobia no es lo más aconsejable porque el mantenimiento es más complejo y delicado que un proceso aerobio. Otro de los parámetros que sirve para decidir implantar un sistema aerobio o anaerobio afecta al valor de DQO, por debajo de 2.000 mg/l no merece la pena emplear estos sistemas, por encima de 10.000 mg/l sí que es interesante hacer un estudio siempre que el volumen de vertidos de la empresa sea importante.

Tipos de tratamientos biológicos anaerobios

Estos tratamientos se pueden clasificar en dos grandes grupos.

Cultivos suspendidos	Cultivos fijos
<ul style="list-style-type: none"> • Digestores de contacto • Digestores de manto de lodo o UASB • Lechos granulares 	<ul style="list-style-type: none"> • Filtros anaerobios • Lechos fluidizados

Estos procesos presentan como **ventajas** más significativas las siguientes:

- **Energéticas:** mientras que el consumo energético de los sistemas anaerobios es muy pequeño (bombeos) los tratamientos aerobios consumen aproximadamente 1 Kwh/Kg DBO.
- **Producción de fangos:**
 - Tratamientos aerobios: 0,6 – 0,8 Kg. MS/ Kg DBO.
 - Tratamientos anaerobios: 0,07 – 0,15 Kg. MS/ Kg DQO. La producción de fangos en estos sistemas es notablemente inferior.

Como **desventajas** de los procesos anaerobios se pueden citar:

- Mayor sensibilidad a tóxicos, sobrecargas orgánicas, etc.: Mayor necesidad de control de la operación (instrumentación).
- Crecimiento lento de microorganismos: Puestas en marcha y re-arranques lentos y delicados.

Condiciones de operación en digestión anaerobia

- **Temperatura** (35 – 40 °C en el rango mesófilo).
Influye sobre la actividad de los microorganismos así como sobre la relación pH – alcalinidad – presión parcial de CO₂. La estabilidad en la temperatura es un factor esencial para el buen desarrollo del proceso.
- **pH** óptimo entre (6,5 – 7,5)
- **Potencial redox** (< -350 mV). Condiciones anaerobias estrictas.
- **Nutrientes.** Menos necesidad de nutrientes que los tratamientos aerobios. Relación DQO : N : P de 400 : 7 : 1



Mantenimiento de los sistemas de depuración

Una acción ineludible a realizar por las empresas para que el sistema de tratamiento de agua trabaje eficaz y eficientemente es el llevar a cabo un mantenimiento periódico de la instalación. Contar con una empresa especializada en la prestación de servicios de depuración es la mejor opción para que el sistema de tratamiento funcione correctamente.

Realizar un análisis biológico para conocer la actividad metabólica y las características de vida de los microorganismos implicados en el mecanismo de depuración de los sistemas de tratamiento biológico, va a posibilitar controlar y evaluar el funcionamiento del sistema al objeto de obtener los mejores rendimientos con los menores costes de explotación. Estos análisis biológicos en sistemas aerobios y anaerobios permitirán evaluar el estado de la biomasa activa, ajustar los parámetros de control en planta para obtener un funcionamiento eficaz, detectar las diversas anomalías que afectan al agua de entrada y al funcionamiento del tratamiento así como al diseño y dimensionamiento del proceso e instalaciones, para una vez conocidos todos estos parámetros implementar los medios destinados a solventar los problemas detectados.

4.2. MODELO MANCOMUNADO DE TRATAMIENTO DE VERTIDO DE BODEGAS

No todas las bodegas ven viable el implantar un sistema de depuración individual. Puede haber factores determinantes (económicos, disponibilidad de espacio, etc) que impidan que las empresas cuenten con su propio sistema de depuración de aguas. En estos casos, e incluso si la empresa puede instalar un sistema de tratamiento propio, una opción que se debe tener en cuenta es el modelo mancomunado de depuración de aguas. Es un sistema a tener muy presente ya que permite tratar los vertidos de un número determinado de bodegas próximas entre sí en una depuradora común. En este sistema las aguas residuales son conducidas desde cada bodega hasta el sistema de depuración mancomunado:

- A través de tuberías: Si las bodegas vecinas están situadas muy cercanas unas de otras y se localizan próximas a la depuradora.
- Mediante cisternas: Si las distancias son grandes ya que hace inviable su conducción por tuberías.

La gran ventaja que ofrece este sistema radica principalmente en la reducción de los costes de tratamiento para cada bodega. Esta depreciación de costes se localiza tanto en la construcción de la planta depuradora, como en los posteriores imputables a tratamientos y mantenimiento, al repartirse entre varias empresas el importe de todos estos factores.

La dificultad más significativa a solventar es el encontrar una fórmula que pueda poner de acuerdo a un número de bodegas vecinas para alcanzar un fin común, como es la construcción de un sistema de depuración apropiado.

Un ejemplo de la viabilidad de este sistema se encuentra en la depuradora mancomunada que un grupo de bodegas del Barrio de la Estación en la localidad de Haro (La Rioja) llevaron a cabo en el año 2.001. Ocho empresas trabajaron en conjunto para acometer un proyecto de gran envergadura que se convirtió en la primera depuradora mancomunada de Europa. Establecieron una fórmula de reparto para, en base a la producción de cada bodega, asumir un porcentaje de los costes de implantación, depuración y mantenimiento.

Estos sistemas mancomunados han sido proyectados de forma sobredimensionada, con la intención de que tengan la capacidad de tratar vertidos en años posteriores pese a detectarse un aumento

en el volumen de aguas residuales generadas como consecuencia de un incremento de la producción de las empresas titulares de la planta. Esta posibilidad ofrece al grupo de bodegas propietarias el que se puedan constituir como empresa de gestión medioambiental, al objeto de que otras bodegas que carezcan de sistemas propios de tratamiento lleven sus vertidos a depurar a la planta, lo que supondrá un ingreso de fondos (en este caso aplicarán una cuota autorizada por la administración por m³ gestionada).

Es aconsejable que una empresa especializada en implantar sistemas de tratamientos de aguas residuales, oriente sobre el mejor sistema de tratamiento que más se adecue a las necesidades de cada empresa.

4.3. GESTIÓN DE LAS AGUAS

Una solución útil para bodegas pequeñas que no encuentren factibles las anteriores opciones consiste en gestionar el vertido a través de un **gestor de residuos autorizado**. En este caso se deben recoger los vertidos almacenándolos en un depósito para posteriormente llevarlos a una planta de depuración donde se mezclarán con el conjunto global de las aguas residuales a tratar, pagando el coste de la retirada del volumen de agua como sucede en la gestión de los demás residuos. Es una posibilidad perfectamente encajada en la legislación medioambiental. Un requisito exigido si se opta por emplear este sistema es que se deben cumplimentar todos los documentos y registros requeridos por la administración competente para que quede constancia de que la gestión de los residuos se ha llevado de forma correcta y a través de un gestor autorizado por la Comunidad Autónoma de La Rioja.

5. Experiencia Piloto de Depuración de aguas residuales de Bodega mediante un filtro verde

Un sistema de depuración de aguas residuales mediante filtro verde es una de las técnicas no convencionales de depuración y reutilización de vertidos, consistente en regar con aguas residuales una plantación forestal.

Este sistema se basa en un proceso de depuración biológico en el que los vegetales y los microorganismos del suelo van depurando las aguas residuales al utilizar directamente para su crecimiento y desarrollo parte de las sustancias que contienen los vertidos. Mientras que para los organismos vegetales estas sustancias son nutrientes, para los ríos o acuíferos son una fuente de contaminación.

La reutilización de las aguas residuales para el riego de terrenos agrícolas no es algo reciente, se remonta a la antigüedad, pero es a partir del siglo XIX cuando se comienza a practicar como técnica de depuración. En Madrid, hasta los años 70, las aguas del Manzanares, al que vertían las cloacas de la ciudad, se utilizaban para regar las huertas de la zona sur.

El filtro verde es un sistema sencillo y barato, idóneo para pequeñas poblaciones y pequeñas industrias agroalimentarias. En España el uso de este sistema está muy poco extendido principalmente por:

- El elevado precio del suelo. Si las bodegas se encuentran en zonas urbanas el disponer de suelo supone un coste muy alto.
- Falta de rigor científico sobre su implantación. Actualmente es un sistema que se encuentra en fase de experimentación.



Esta técnica de depuración consiste en regar con las aguas residuales de una población o industria agroalimentaria una superficie de terreno en la que se planta vegetación de rápido crecimiento, normalmente chopos. Podrá regarse cualquier tipo de cultivo o superficie ajardinada respetando la normativa actual de riego para cada cultivo o zona en concreto, no podrán regarse zonas que no dispongan de vegetación, por tanto quedan excluidas del riego las parcelas no cultivadas. En el supuesto de su empleo en bodegas una posibilidad es regar las viñas además de la jardinería de la bodega. Ya se ha comentado anteriormente que las bodegas necesitan reducir el volumen tan elevado de agua que consumen en muchas ocasiones de forma innecesaria. Gran parte del agua empleada en las bodegas se consume en el riego de la jardinería de alrededor de la bodega, por lo tanto la reutilización de las aguas para el riego de las plantas ornamentales es muy importante para el medio ambiente.

Una premisa a tener presente es que para reutilización directa de aguas residuales no hay normativa, la Confederación Hidrográfica del Ebro, organismo de cuenca competente en la Comunidad Autónoma de La Rioja, exige en estudio previo y una serie de controles a aquellas empresas o entidades que deseen verter directamente sobre el terreno. Actualmente, **por encontrarse en fase de estudio este sistema de depuración se debe dar preferencia al empleo de cualquier otro sistema de los anteriormente nombrados.** No obstante se podría estudiar cada caso particular, en casos muy concretos, cuando la industria vitivinícola esté ubicada en suelo rústico y no tenga acceso a infraestructuras de saneamiento municipal puede ser una opción a seleccionar. Si la bodega está situada próxima a una red de saneamiento la administración competente aconseja emplear sistemas de depuración convencionales.

Si se opta por la puesta en práctica de esta técnica, siempre que se cuente con el consentimiento de la administración competente, el primer paso en la puesta en práctica de esta técnica consiste en someter el vertido a un pretratamiento que elimine los sólidos más gruesos, las arenas y las grasas. Posteriormente es conducido por un sistema de tuberías con electroválvulas a una serie de parcelas que van a recibir el agua para depurar. La depuración se realiza de forma natural en el suelo, gracias a la acción conjunta de varios elementos:

- Mediante la precipitación y el intercambio iónico que se va a producir en el terreno
- Por las raíces de las plantas y de los árboles que absorben nutrientes
- Principalmente por la microflora que existe en el suelo. Hay que tener presente que el suelo, pese a ser tratado muchas veces como un elemento inerte, es un elemento vivo donde hay microflora causante de la degradación de la materia orgánica de las aguas negras.

En España, muchos de los filtros verdes que se han desarrollado no han resultado efectivos, o bien la vegetación se ha muerto o bien el terreno se ha convertido en un lodazal, porque aunque el sistema es sencillo hay que implantarlo con cuidado. **Bien controlado es una alternativa válida para empresa de tamaño medio y pequeño pero siempre que se cumplan una serie de condicionantes y que se realicen controles muy exhaustivo.**

El cálculo de la superficie del filtro verde ajustado a las necesidades reales depende no sólo del número de habitantes equivalentes (media de carga contaminante del agua) como se ha venido haciendo tradicionalmente, sino que se debe reparar en muchos otros parámetros:

- Geológicos
- Tipo de terrenos, parámetros químicos y físicos
- Capacidad de autodepuración de nuestros suelos. (Parámetro imprescindible a determinar)
- Textura o nivel freático
- Hidrogeología, permeabilidad
- Regularidad del caudal

- Volúmenes de aguas residuales que aportamos
- Composición de las aguas residuales
- Tipo de vegetación que se emplee
- Etc.

Efecto del filtro verde en los suelos:

- **Aumento de la materia orgánica.** Se recomienda que un suelo agrícola presente valores de materia orgánica cercanos al 2 %. A pesar de estos requisitos, en nuestros suelos existe un déficit muy importante, predominando valores entre 0.5 % - 1%, por lo tanto aportar aguas residuales cargadas de materia orgánica como es el caso de las bodegas ejercerá un efecto muy positivo.

- **Mejora la estructura y permeabilidad** de los suelos al aumentar el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico. La capacidad de intercambio al introducir más humus en el complejo arcillo-húmico nos permite aumentar la capacidad de retención de agua y de nutrientes, es decir, los abonados de nitrógeno, fósforo y potasio que se aplican posteriormente van a quedar más fuertemente retenido por el complejo arcillo húmico que si no se tiene el filtro verde.

- **Aumento de la actividad biológica.** El papel depurador del suelo a través de microorganismos permite la descomposición de la materia orgánica y la formación de humus mucho más rápido que un suelo sin aporte de aguas residuales. Va a permitir mejorar las propiedades físicas del suelo y la formación de nutrientes a partir de compuestos inorgánicos insolubles, por ejemplo quelatando compuestos que serían inasimilables en otras situaciones.

Razones que justifican la elección de filtro verde

- Es el sistema que pasa más desapercibido (dependiendo de su instalación).
- Requiere menos obras de infraestructura.
- Tiene poco mantenimiento.
- No produce olores desagradables (bien implantado).
- Costes de instalación y mantenimiento bajos.
- Requiere poco espacio para las instalaciones anejas.
- Permite aprovechar la jardinería y el viñedo existente alrededor de la empresa para depurar las aguas.
- Permite mejorar la estructura y la fertilidad del suelo así como disminuir los problemas de clorosis férrica tan frecuente en nuestros suelos. En La Rioja los suelos son alcalinos, pH 8 - 8.5 y por tanto regarlos con aguas ácidas es muy positivo.
- Es un sistema que permite con bajo coste ser utilizado en todo tipo de industrias agroalimentarias.

Es una forma de depurar muy utilizada en otras zonas vitivinícolas del mundo y particularmente en Alemania y Francia, aún con condiciones de clima y suelo peores que en Rioja. En Francia este sistema es una técnica muy empleada en Burdeos, donde las dosis que se aplican se sitúan entre 400 - 800 m³ / ha año, o lo que es lo mismo, una bodega que elabore 500.000 litros tendría suficiente con una hectárea de terreno alrededor de la bodega para depurar sus aguas residuales sin ejercer contaminación en el subsuelo.

Necesidades:

- Filtro de pretratamiento para retirar los sólidos más gruesos
- Depósito con sistema de homogeneización de los efluentes
- Sistemas de control: piezómetros que lleguen hasta el nivel freático necesario para tomar muestras para comprobar que no se está contaminando.
- Seguimiento técnico del sistema
- Toma de muestras de hojas, peciolo y uvas, para comprobar que el producto no sufre alteraciones.
- Tener presente que con lluvia no se puede regar y en caso de riego de viña encuadrada en la DOC Rioja, se respetarán los periodos de riego marcados por el Consejo Regulador.



Condiciones para la instalación de un filtro verde

- Disponer de una superficie mínima de viñedo, cereal o jardinería alrededor de la empresa
- La dosis máxima será de 1.000 m³ de aguas residuales / Ha año, teniendo presente que nunca se debe superar el 90 % de la capacidad de retención del suelo contabilizando también el agua de riego convencional aportada. Con un límite de 7.000 kg de DQO / Ha año.
- No se aceptarán riegos mayores de 80 m³ de aguas residuales / Ha por aplicación, pudiendo reducirse este aporte dependiendo del tipo de terreno.
- Que la evapotranspiración potencial en la zona sea alta y que el suelo sea preferentemente alcalino. Una evapotranspiración alta permite evaporar agua y que se quede antes la materia orgánica en el terreno y por lo tanto no producir contaminaciones de acuífero
- Que exista una profundidad de suelo suficiente
- Que no exista la posibilidad de contaminar ningún curso de agua cercano
- Que el nivel freático esté suficientemente profundo
- Que el suelo tenga una suficiente cantidad de arcilla pero no excesiva
- Que el suelo tenga un buen drenaje
- Los efluentes utilizados en el riego no podrán sobrepasar en ningún caso los valores límites marcados en el Reglamento Público Hidráulico

Potenciales problemas que puede causar el filtro verde

- El aporte de agua residual en ningún caso debe superar el poder autodepurante del suelo ya que si este se supera se puede colmatar físicamente el terreno pudiendo contaminar el acuífero. Los daños que se pueden causar en el terreno son bastante graves. No se debe superar los l/m² asumibles por el terreno.
- Se puede producir una colmatación biológica sobre todo en la salida de los goteros por acumulación de algas.
- Acumulación de sales puesto que al regar con aguas residuales se está aportando potasio. La vid es una planta potasófila, la variedad tempranillo acumula mucho potasio y por lo tanto tendremos que limitar el aporte de aguas residuales para evitar que introduzcamos mucho potasio en la baya.
- Acidificación de suelos. En Rioja sería muy difícil que llegara a suceder por la gran cantidad de caliza activa.
- Problemas de olores y de aguas negras
- Escorrentía en terrenos en pendiente.

En las industrias vinícolas que se decanten por utilizar filtro verde deben llevar un control periódico íntegro; toma de muestras de aguas sub-superficiales, cuantificación del volumen de agua residual destinada a riego, toma de muestras anterior y posterior al riego con efluentes, etc.

Pese a todas las ventajas que potencialmente puede ofrecer este sistema, el filtro verde es una experiencia piloto que pese a llevar varios años de investigación hoy en día todavía está en estudio.