

Proyecto de filtros de macrofitas en flotación.

José de Miguel Muñoz



1. DATOS NECESARIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

1.1. Levantamientos topográficos

Deberá realizarse un plano topográfico con altimetría de la zona de actuación ésta deberá incluir el punto de vertido actual la zona por la que irá la conducción hasta la depuradora y todo el área que se fuera a ocupar con los canales.

La precisión de la altimetría debe ser la adecuada para poder realizar los cálculos de los volúmenes de desmonte y explanaciones, así como los restantes movimientos de tierra.

1.2. Naturaleza del terreno

Otro aspecto de importancia es la naturaleza del terreno. Suelos muy arenosos o muy limosos, dificultan la formación de los canales, ya que se derrumban con facilidad, e implican realizar taludes muy poco inclinados, incluso 3:1.

Suelos pedregosos, implican realizar una base para evitar que se dañe la lámina impermeabilizante, dependiendo de la pedregosidad y su tipo (con o sin aristas), implicará un mejor geotextil, e incluso una sobre-excavación con relleno de arena, para cama.

Los suelos arcillosos y los francos no presentarán problemas.

Si los niveles freáticos están muy altos se plantearán problemas a la hora de realizar los canales, debiendo incluso hacer la excavación con achique en continuo y anclado de fondo de geotextil y lámina.

1.3. Clasificación ambiental

La presencia de acuíferos hace que se deban extremar las precauciones para evitar su contaminación por posibles vertidos, que se pueden producir por rotura de la lámina impermeable, etc.

La clasificación ambiental de la zona es importante, ya que no debemos introducir elementos que la varíen.

1.4.- Volumen y características del agua a tratar

Se obtendrán datos sobre los caudales de consumo de agua y la variación de la población a lo largo del año. También se tendrá en cuenta la evolución esperada de la población en el futuro. En concreto se deberá contar con el volumen del vertido diario y anual, teniendo en cuenta la estacionalidad, así como las características del agua a tratar.

El conocimiento de la composición del vertido es imprescindible para determinar el tipo de pretratamiento a dar al agua antes de su vertido a los canales de macrofitas.

En general se determinarán los siguientes parámetros:

DBO₅
DQO
Sólidos en suspensión
Grasas
pH
Conductividad eléctrica
Nitrógeno total
Nitrógeno amoniacal
Nitrógeno nítrico
Fósforo total

En caso de sospecha se analizarán aquellos elementos extraños que se puedan presentar (metales pesados, compuestos orgánicos fitotóxicos etc...)

1.5. Condiciones del vertido final

Otro de los aspectos de importancia es el conocimiento del cauce receptor del agua tratada, que indicará los límites tolerados de los parámetros de vertido a dicho cauce. El cauce de vertido puede ser:

- Red de saneamiento público
- Dominio público hidráulico
- Dominio público marítimo terrestre
- Reutilización del agua depurada:
 - Riego de jardines
 - Otros usos de agua depurada
- Otros

En el primer caso tendremos que solicitar el permiso de la Confederación correspondiente y presentar el respectivo proyecto, donde se habrá calculado el límite de los parámetros que se van a verter y que está dentro de los establecidos. En el segundo, será mucho menos restrictivo en cuanto a los límites de vertido, pero habrá, asimismo, que cumplir con los mismos.

La ley de aguas contempla los límites en diferentes situaciones, estableciendo tres tablas para vertido a ríos.

En caso de utilización de sistemas de depuración mediante sistema de macrofitas en flotación se recabará información de si se utiliza como sistema de depuración único, secundario

o como sistema terciario de eliminación de fósforo y nitrógeno.

2.. PARTES DEL PROYECTO

2.1. Memoria y anejos a la memoria

La memoria es una descripción del proyecto, de su funcionamiento y de las obras a realizar.

Asimismo refleja los resultados de los cálculos, que se realizarán en los anejos, de los estudios previos realizados, como geológico, etc., de los datos analíticos y de las mediciones de caudales, etc. Es decir reflejará un resumen de todos los datos recopilados, de los que se presentará una mejor definición en el anejo correspondiente.

Por otro lado refleja la legislación correspondiente que aplica al proyecto y los antecedentes, así como otros hechos de relevancia.

En primer lugar refleja la información disponible, que de ser muy extensa, se presentará un resumen y el resto se recopilará en el anejo correspondiente.

También se reflejarán los distintos tipos de depuradora que se pueden utilizar para ese proyecto, y se valorarán de forma que se escoja la más apropiada en cada caso. Primero se establecen las distintas alternativas posibles de aplicación, que sean viables en el caso de que se trate. A continuación se describe cada una de manera sucinta, destacando factores a favor y en contra. Posteriormente se realiza una elección multicriterio, para ello se establece una tabla donde se formulan y comparan los valores de cada una de las alternativas, ponderándolas y valorándolas según la ponderación.

La o las alternativas que tengan más puntuación serán las elegidas. No siempre, la mejor, es la de mayor puntuación, sino que pueden existir otros factores no tenidos en cuenta, o que no se pueden comparar entre dos alternativas, que hacen que una alternativa con menor puntuación sea la finalmente elegida.

Con la alternativa elegida se puede definir el pretratamiento más conveniente para ese sistema, bien sea porque el efluente del pretratamiento sea más apto para el mismo, o bien porque resulte más económico, etc.

Una vez decidida la alternativa elegida pasamos a dimensionar el sistema para el caudal que tengamos, con las características del agua de vertido. Dependiendo del sistema elegido, se realizarán los cálculos para obtener los volúmenes y dimensiones de los diferentes equipos o lagunas o canales.

La memoria debe de recoger el presupuesto total por contrata del proyecto, el plazo de ejecución e incluso un cronograma de los plazos de cada trabajo a realizar. Los anejos, amén de los ya comentados reflejarán los cálculos justificativos funcionales, es decir el dimensionado de los canales y de los demás equipos a instalar:

Asimismo se debe de realizar un perfil hidráulico que refleje las distintas cotas de la lámina del agua en los distintos equipos y canales, de forma que se puedan colocar espacialmente (en alturas) los mismos.

El resto de los anejos serán los constructivos, en su caso, (hormigones, etc.), eléctricos, y demás cálculos que sean necesarios para la ejecución del proyecto.

2.2. Planos

Serán los necesarios y suficientes para que quede definida toda la obra que hay que realizar, tanto generales, como de detalle.

Comprenderán la situación de la obra, planos de flujos, planos constructivos, planos de detalle, etc.

2.3. Pliego de prescripciones técnicas

El pliego de prescripciones técnicas detalla las condiciones que deben reunir los materiales a emplear; condiciones de ejecución de los trabajos, forma de valoración de las obras, etc.

En general tendrá los siguientes capítulos:

- Condiciones generales
- Características que deben de reunir los materiales (Incluye los ensayos a realizar para comprobar estas características)
- Características de los equipos a instalar
- Forma de ejecución y abono de las unidades de obra
- Medidas de seguridad

En algunos casos se incluye un capítulo para describir las obras.

2.4.- Presupuesto

El presupuesto contendrá:

- Cuadro de precios nº 1 o precios en letra
- Cuadro de precios nº 2 o precios descompuestos
- Precios auxiliares
- Mediciones
 - Presupuestos
- Resumen de presupuestos
 - Presupuesto de ejecución material
 - Presupuesto de ejecución por contrata

Además cada precio contendrá una descripción del mismo y si lleva incorporado su instalación, pruebas, ensayos de materiales, etc.

Los precios descompuestos contendrán cada parte del precio, de forma que se pueda establecer todo lo que incluye.

3. ASPECTOS LIMITANTES PARA LOS FILTROS DE MACROFITAS EN FLOTACIÓN

El principal aspecto limitante de este tipo de proyectos es la disponibilidad de superficie de terreno para la instalación de los canales de macrofitas y las zonas auxiliares. En general se requieren alrededor de 5 m² por habitante equivalente, entre la superficie ocupada por los canales y los pasillos y áreas complementarias. Otro aspecto limitante sería el tipo de vertido, con contaminantes especiales tales como productos fitotóxicos.



Construcción de filtros depuradores con macrofitas en flotación.

José de Miguel Muñoz



1. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Se debe de realizar un replanteo previo a los movimientos de tierras.

1.1. Nivelaciones

En primer lugar hay que nivelar el terreno con el fin de no tener canales con pendiente, lo que llevaría a realizar saltos de agua a lo largo de los mismos.

En caso de que el terreno sea abrupto, o que la nivelación total sea difícil y/o costosa, se recurrirá al sistema de terrazas o bancales, debiendo pasar el agua de una terraza a otra por conducciones a favor de la gravedad.

En el caso de que los canales sean muy largos y con ligera pendiente, se deberán hacer represas para lograr que las macrofitas estén siempre flotando sobre una lámina de agua. Para la nivelación se utilizan bulldozer, rastras, motoniveladoras, palas, etc. Se debe de exigir que las motoniveladoras tengan sistema de pantalla, para las maniobras. Desgraciadamente son muchos los casos de atropellos por maniobras hacia atrás con estas máquinas.

Cuando se utilicen rastras, no se debe de permitir la presencia de personal en la zona de actuación de las mismas. Estas máquinas mueven mucha cantidad de tierra y la colocan en poco tiempo, pero precisamente por ello, desarrollan velocidades superiores a las de otras máquinas en el trabajo de movimiento de tierras.

1.2. Excavaciones

La excavación se hace con retroexcavadora. La inclinación de los taludes de los canales varía desde 2:1.



Retroexcavadora. Máquina para excavaciones de zanjas y agujeros verticales

En la excavación se promedian las tierras de forma que lo que sale de la zanja se coloca en los pasillos y en las coronas de los taludes para así igualar; lo más posible, la excavación al terraplén, sin que sobren ni falten tierras.

Los cabeceros de los canales se pueden hacer verticales o también taluzados, pero en este último caso la intersección de la tubería con la lámina será una elipse mucho más difícil de sellar que en el caso de que fuera vertical ya que esta sería una circunferencia.

A veces se hormigonan los caminos entre zanjas con el fin de que las labores de siega futuras se puedan realizar con máquina sin mayor inconveniente. Este hormigonado normalmente

se hace con hormigón procedente de planta productora de hormigón

1.3. Rellenos y compactaciones

Como se ha dicho en el punto anterior el final de los taludes se hace con la tierra extraída con el fondo de la zanja por lo cual habrá que hacerlo por tongadas de entre 20 y 30 centímetros para poder compactar entre las mismas, para lo cual habrá que realizar un riego. Dada la inestabilidad de los taludes nunca se compactará mediante apisonadora, sino que se utilizará bailarina y normalmente rulo o rodillo compactador.

1.4. Transporte a vertedero

Camión Bañera. Camión utilizado para transporte de tierras, etc. Necesita buen firme para su circulación



Hay veces que no es posible igualar el volumen de excavación al volumen del terraplén o que por la mala calidad de las tierras estas no sirven para compactar y se debe realizar o excavación total o aporte de tierras de préstamo, pero el caso es que las tierras extraídas deben ser eliminadas y llevadas a un vertedero.

El transporte se hace mediante camión bañera o si se deben atravesar zonas abruptas hasta salir de la obra, al menos este primer trayecto debe ser realizado con dumper.

1.5. Formación de taludes y refino

Consiste en un alisado y homogeneizado de pendientes, suprimiendo las imperfecciones de los mismos. Tal y como se ha indicado se debe refinar los taludes para un buen asentamiento

de los taludes y de la lámina. La mayoría de las veces se debe recurrir a un refinado manual, por lo que muchas veces y teniendo en cuenta que se va a colocar un geotextil, se suprime el refinado, debido al encarecimiento que supone la mano de obra.



Dumper. Camión utilizado para transporte de tierras, etc. No necesita buen firme para su circulación, por ello se utiliza cuando no se puede utilizar el camión bañera

2. IMPERMEABILIZACIÓN POR GEOMEMBRANAS

Para la impermeabilización se utilizan geotextiles como base y encima una membrana o lámina impermeable.

2.1. Geotextiles

Son muy permeables y tienen altas características de elongación. Son fabricados con resinas poliméricas biológica y químicamente inertes, resistentes a las diversas condiciones de los suelos. En combinación con otros geosintéticos forman los Geocompuestos. Además son materiales de gran simplicidad de aplicación y de grandes ventajas económicas. El uso de cada uno de ellos depende de la función que debe desempeñar el Geotextil, en contacto con el suelo y el tipo de obra a ejecutarse. Las principales aplicaciones son: muros de contención, subdrenes, control de erosión superficial, estabilización de taludes y laderas, vías y carreteras y como base de láminas impermeabilizantes que es el caso que nos ocupa.

2.2. Láminas impermeables

Lo normal es utilizar polietileno de 1'5 milímetros de espesor pero en el mercado existen

multitud de plásticos y geomembranas que pueden servir al efecto. Evidentemente la elección dependerá de multitud de factores como degradación por el sol, envejecimiento de la lámina, resistencia a las heladas, etc.

Otro factor de gran importancia es la resistencia para ser mordida por las ratas. Por ello la lámina deberá ser lo suficiente rígida para que una rata en un ataque perpendicular a la misma no pueda producir un pellizco y llevarse el bocado, como ocurre con las láminas de caucho butilo. También sería aconsejable que el material de las láminas llevase incorporado algún producto antirroedores.

- Montaje de geomembranas. Soldaduras y pegamentos

Las geomembranas o láminas impermeables se colocan encima de los geotextiles con un solape suficiente para poder realizar la soldadura. Esta se realiza mediante aire caliente por termofusión. Normalmente se realizan dos cordones de soldadura para evitar las posibles fugas. Posteriormente se debe comprobar la calidad de la soldadura y su estanqueidad mediante medios apropiados.

3. CONSTRUCCIÓN IN SITU DE CANALES

Uno de los más corrientes consiste en realizar una incisión en la lámina superior de las dos termoselladas, entre los dos cordones de selladura, esta incisión se realizará a ambos extremos de la lámina. En uno de ellos colocaremos una mordaza u otro sistema para mantener la incisión abierta y en el otro acoplaremos una bomba con un manómetro que indicará la resistencia, dependiendo de la misma sabremos si existen fugas de aire y por lo tanto si la selladura ha sido correcta.

4. ACCESORIOS

4.1. Arquetas

Se pueden realizar en hormigón, ladrillo enfoscado con impermeabilizante o prefabricadas, entre estas últimas las hay de diversos materia-

les como poliéster, PVC, etc. (18 Arqueta de entrada de agua a un canal, Cabeza de la E.D.A.R. por filtros de macrofitas)

Deberán tener las medidas lógicas para los elementos que vayan a albergar; no es válido el aplicar siempre, por costumbre el 0,40 x 0,40 x 0,40. Podrían ser incluso redondas.

Por lo tanto se debe de dimensionar con el catálogo delante y las medidas de la válvula, etc. que se vaya a colocar:

4.2. Pozos

Los pozos se suelen realizar mediante prefabricados o si son pequeños se pueden realizar con trozos de tubo de hormigón prefabricado o de fibrocemento, cortados con radial. Al igual que en el caso de las arquetas existen pozos prefabricados en poliéster y en PVC.

Los pozos se deben de situar de forma que las tuberías no formen ángulos, de forma que en caso de atasco se puedan limpiar con facilidad. Por lo tanto las tuberías deberán ir rectas de pozo a pozo.

4.3. Conducciones

Como ya se ha comentado las tuberías, en la planta depuradora deberán ir rectas de pozo a pozo. Estas pueden ser de hormigón prefabricado, fibrocemento, PVC, etc. Las más cómodas y rápidas para este tipo de obra son las de PVC, con junta tipo enchufe – campana, pegadas. Las conducciones deben de calcularse para que la velocidad del agua residual en su interior sea cercana a 1 m/s, lo que a veces es difícil debido a los bajos caudales con que nos encontramos. Para el cálculo, baste recordar que la velocidad es igual al caudal partido por la sección.

4.4. Vallado

La depuradora debe de estar vallada, como protección, sobre todo para los niños de la zona. La altura debe de ser superior a los 1,5 m, ya que de lo contrario se podrá saltar con facilidad. Lo mejor son vallas de 2 m.

La valla debe de tener una puerta de al menos 3 m. para la entrada de camiones (lo mejor es una puerta doble de 4m). Además estará provista de una entrada para personas, independiente, de forma que no sea necesario el abrir toda la puerta para la entrada de una persona.

5. PRETRATAMIENTOS

Se debe de colocar un pretratamiento antes de los canales, para la separación de papeles, plásticos, etc. que posteriormente pueden presentar obstrucciones en tuberías y dar una mala presentación de la planta depuradora.

En depuradoras de poblaciones, se suele colocar un sistema tipo fosa séptica, que disgregue los papeles y los retenga. No será necesario que ésta esté dimensionada para depurar el agua, sino solo como receptáculo para la eliminación de sólidos, que será sacados periódicamente.

Asimismo se puede colocar un sistema de separación, como una reja, recta o curva, manual o automática, etc. dependiente del volumen de la población y el grado de sofisticación que se quiera dar a la planta. En algunos casos se pueden colocar tamices autolimpiantes, que no hacen demasiado complejo el sistema, pero que requieren un mantenimiento. En otros casos bastará con colocar un sistema separador de papeles y otros elementos sólidos, de tipo manual, que no complique el sistema. Incluso este sistema puede incorporar una fase anaerobia, sin mayores complicaciones.

Si la depuradora es para una industria alimentaria puede ser necesario instalar un separador de grasas.

6. INSTALACIÓN DE LAS MACROFITAS

Se han probado múltiples sistemas para la colocación de las plantas en flotación, pero la mayoría terminan en que la planta vuelca y se ahoga, siendo los hijos de la misma los que colonizan el sistema, apoyados en el soporte que proporciona la planta ahogada.

También sería posible realizar la plantación en el suelo del canal, con una capa fina de tierra vegetal y una malla para facilitar el desenterrado y puesta en flotación de las plantas una vez establecido el tapiz. De esta forma se evita el vuelco y se logra una mayor velocidad de implantación.

En todo caso las plantas deben de ser colocadas por personal conocedor de las técnicas para su plantación o colocación en flotación.

7. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Dado que este tipo de obra es multidisciplinar, es más que improbable que una sola empresa realice la totalidad de los trabajos, por lo que será necesario que el promotor nombre un técnico en seguridad o un ingeniero, como coordinador de Seguridad y Salud en fase de obra. Una vez que la empresa contratista o el contratista principal haya realizado el Plan de Seguridad de la Obra, éste deberá ser aprobado por el Coordinador, que emitirá el Acta de Aprobación del Plan y lo llevará a su colegio profesional para la obtención del Libro de Incidencias.

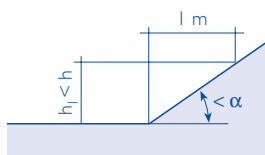
Todas las subcontratas deberán conocer el plan y adherirse al mismo, por escrito. Los movimientos de tierras, son delicados y se debe de tener gran cuidado en cuanto a medidas preventivas de seguridad y salud se refiere.

Las grandes máquinas son las que provocan mayores accidentes laborales. En esta fase de la obra se debe de tener especial cuidado para prevenir los accidentes.

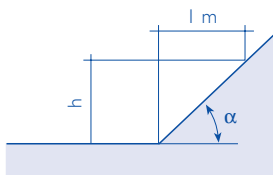
Aunque los canales no son profundos, y tienen inclinación en los taludes laterales, deberá cumplir, durante su ejecución con las normas existentes en cuanto a zanjas, entibándose en caso necesario (no es normal).

Con carácter general se deberá considerar peligrosa toda excavación que, en terrenos corrientes, alcance una profundidad de 0,80 m y 1,30 m en terrenos consistentes. En todos los casos se deberá llevar a cabo un estudio previo del terreno con objeto de conocer la estabilidad del mismo. La experiencia en el lugar de ubica-

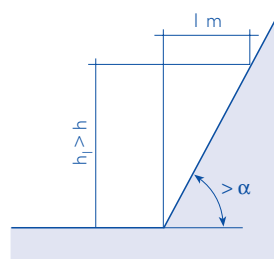
Talud natural de una excavación en zanja



Peligro pequeño



Normal



Peligroso

ción de las obras podrán avalar las características de cortes del terreno.

En general se adoptarán las precauciones necesarias para evitar derrumbamientos, según la naturaleza y condiciones del terreno. Las excavaciones de zanjas se ejecutarán con una inclinación de talud provisional adecuadas a las características del terreno, debiéndose considerar peligrosa toda excavación cuya pendiente sea superior a su talud natural.

Dado que las profundidades en los canales son de unos 0,70 m, no serán necesarias estas precauciones, pero en algunos casos se puede llegar al metro de profundidad, por lo que en cuanto sobrepasemos los 0,80 m se deben de tomar medidas. En todo caso las conducciones si pueden tener más de 0,8 m de profundidad y por ello se deberán tomar las medidas necesarias para evitar accidentes por enterramiento.

Deberá existir, por lo general, un coordinador de obra. Este es obligatorio siempre que exista más de una contrata o subcontrata, incluso si solo hay una contrata y un profesional libre.

El coordinador debe ser nombrado por el promotor, por lo que le supondrá un coste adicional. Este coste puede estar entre los 200 y los

400 euros por visita y en este tipo de obras habrá que realizar una o dos visitas por semana o incluso menos, cada 15 días.

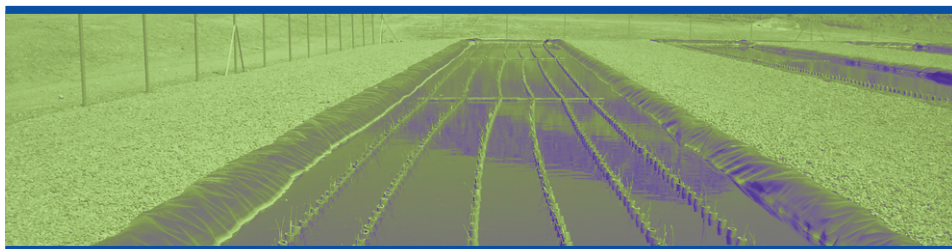
8. MANTENIMIENTO

Tan solo requiere el mantenimiento del pretratamiento, en caso de existir y la siega de las plantas, una o dos veces al año, dependiendo de la

zona donde se ubique la planta y del crecimiento de las macrofitas.

En algunos casos puede ser necesario el tratar las plantas contra alguna plaga, como puede ser pulgón, ácaros o moscas. Se realizarán en todo caso tratamientos preventivos.

Si la dimensión de la planta depuradora fuera suficientemente grande tanto las operaciones de siega como los tratamientos fitosanitarios se podrían efectuar por medio de un pequeño tractor, con los aperos adecuados.



Ejemplo de una plantación reciente en Lorca (Murcia)
© Eduardo de Miguel

