CAPÍTULO 7

7. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Existen varios aspectos fundamentales que deben ser tomados en cuenta al momento de construir un humedal, tal es el caso de la impermeabilización de la capa subsuperficial del terreno, la selección y colocación del material granular si es el caso, vegetación y las estructuras de entrada y salida.

7.1. Impermeabilización.

Se requiere que se coloque una barrera impermeable para evitar la contaminación del subsuelo o el agua subterránea con las aguas residuales. Algunas veces esta barrera se presenta de forma natural por una capa de arcilla o por los materiales del sitio y que por medio de compactación se llega a un estado cercano al impermeable. Otras alternativas sugieren tratamientos químicos, asfalto o alguna membrana.[9]

9

El fondo del humedal debe ser cuidadosamente alisado antes de la colocación del impermeabilizante, sobre todo si este es de alguna fibra sintética que pueda llegar a perforarse, el fondo debe ser nivelado cuidadosamente de lado a lado del humedal y en la totalidad de la longitud del lecho. El humedal debe tener una ligera pendiente para asegurar el drenaje, de manera que existan las condiciones hidráulicas necesarias para el flujo del sistema.

Durante las operaciones finales de afinación de la rasante, el fondo del humedal debería ser compactado de forma similar a como se hace con la subrasante de una carretera. El objetivo es mantener la superficie de diseño durante las siguientes etapas constructivas del humedal.

En nuestro caso se utilizará una membrana impermeabilizante, (Geomembrana de polietieno de 1mm) se debe colocar directamente en la totalidad de la superficie de la celda. La capa superficial de suelo que se reservó anteriormente se coloca sobre la membrana, de manera que sirvan de base para las raíces de la vegetación a ser implantada.

Los diques y bermas de las celdas de los humedales pueden construirse de la misma forma que cuando se construyen lagunas o instalaciones parecidas. Para grandes sistemas, la parte alta del dique debería tener un ancho suficiente para colocar un camión de mantenimiento.

7.2. Vegetación.

La vegetación es un factor muy importante en la construcción de humedales ya sean estos de flujo libre o flujo subsuperficial, esta debe tener la densidad apropiada para el correcto funcionamiento del humedal, es preferible utilizar plantas locales adaptadas a las condiciones del sitio. En este caso se usará el *scirpus* (junco) por ser una planta que se la puede conseguir en el medio local.

A pesar de que la siembra se puede realizar por medio de semillas, este método requiere de mucho tiempo y control estricto del agua, además presenta el problema del consumo de las mismas por parte de pájaros. Esta es la razón por la cual lo preferible es plantar mediante trasplante de rizomas al lecho previamente preparado

Para poder alcanzar los rendimientos esperados en sistemas de humedales de cualquier tipo se requiere condiciones de flujo uniforme. Esto se alcanza en sistemas pequeños o moderados.

7.3. Especificaciones Técnicas Constructivas

7.3.1. Tanque Séptico y Filtro Anaerobio

Para los colectores y/o tuberías de diámetros mayores o iguales a 160 mm hasta 200 mm se utilizarán tuberías y accesorios de PVC Pared Estructurada NOVAFORT, serie 5. Para los tramos de tubería en el interior del sistema las estas serán de PVC desagüe normal. Las tuberías, accesorios, materia prima, juntas y cauchos cumplirán con la Norma NTC 3721 para Métodos de Ensayo y la Norma NTC 3722 para Especificaciones, que tienen como antecedentes las Normas ISO CD 9971-1 y 9971-2.

Para las uniones entre tubo y tubo o tubo y accesorio, se deberá seguir el procedimiento que se describe a continuación:

a.-Limpiar tanto los espigos como las campanas que se dispongan a unir, teniendo cuidado de no dejar lodo o arena en los mismos.

b.-Debe asegurarse que los tres primeros valles completos del espigo estén limpios. Colocar el caucho en dos valles consecutivos del extremo del tubo y en correspondencia con la parte lisa de la campana.

c.-Colocar el caucho en el tubo, asegurándose que quede firmemente asentado.

d.-Aplicar lubricante generosamente en la campana y sobre el lomo del caucho únicamente, utilizando una brocha, esponja o trapo.

e.-Se deberá alinear la unión, luego introducir el espigo en la campana y empujar. En el caso de diámetros grandes se recomienda usar un bloque de madera y una barra para la instalación, asegurándose que el bloque proteja al tubo de la barra.

f.-Es necesario que en el proceso no se introduzcan partículas de material del relleno en la campana para evitar fugas.

g.-Se recomienda no flectar el espigo en la campana en sentido horizontal o vertical. El espigo del tubo a instalar y la campana del que lo recibe se deben mantener alineados para facilitar su acoplamiento.

La dosificación, el mezclado del hormigón, la instalación de los encofrados y los soportes de los mismos, la colocación de la armadura (en caso de que el diseño lo requiera, fy = 4200 kg/cm^2) y vertido del hormigón (f´c = 210 kg/cm^2), son procedimientos en los cuales la supervisión estará a cargo del Contratista, quien tendrá la responsabilidad de obtener un acabado de buena calidad.

7.3.2. Humedal Artificial de Flujo Libre.

El humedal de flujo libre propuesto está formado por tres celdas, osea que llevarán dos taludes en el centro (ver anexos de planos), esto es para que exista en lo que más pueda el “Flujo Pistón”, además en los taludes construidos están dimensionados para que entre perfectamente vehículos pequeños para que puedan realizar su rutina de inspección y limpieza del sistema.

- Las obras de hormigón serán de f´c = 210 kg/cm^2, sea este simple o armado. El acero de refuerzo tendrá un límite de fluencia, fy = 4200 kg/cm^2.
- Las aguas residuales se dirigen desde el tratamiento primario hacia el humedal de Flujo Libremediante tubería de PVC, antes de ingresar a éste se deberá colocar una válvula de control puede ser de PVC, de hierro fundido o de acero inoxidable de ø200mm, luego se construirá una caja de inspección de hormigón simple que servirá para revisión y toma de muestras.
- A la entrada del HAFL se propone un vertedero construido de hormigón armado a lo ancho de la celda, el mismo que realizará su descarga por rebose, garantizando la distribución uniforme del caudal al ingreso del sistema, el que deberá permenacer constante durante todo el recorrido en el humadal, para así asegurar el buen funcionamiento del sistema.
- Antes de la salida se colocará una pantalla que podría ser metálica o de madera, para evitar que las espumas que se forman en la superficie vayan hacia la descarga final, así como restos de vegetación, insectos, etc.

- A salida, el humadal consta de un vertedero de hormigón armado, con tuberías pasantes de PVC desagüe normal, el mismo que descargará el agua ya tratada en una caja de inspección, para que luego este efluente sea vertido hacia el río que pasa por la población en estudio.
- La excavación del Humedal se la realiza con maquinaria (retroexcavadora), debiendo cavar a la profundidad deseada, el terreno que corresponde a la cubierta vegetal obtenido en este paso debe retirarse de forma cuidadosa, la que puede ser reutilizada como base vegetal o para otras actividades en la obra misma.
- Luego se compactará el terreno en fondo del humedal (con rodillo, compactador, etc) de lado a lado a todo o largo, se lo deberá de hacer de manera cuidadosa y correcta, de tal forma que quede el terreno completamente nivelado y libre de palos, piedras grandes, rocas si lo existiera, etc, que puedan ocasionar daños en el material impermeabilizante que se utilice.
- Se deberá dejar una pequeña pendiente en el HAFL para que asegure el drenaje, de forma que se garantice que existan las condiciones hidráulicas necesarias para el flujo del sistema

- Como material impermeabilizante del suelo se usará una Geomembrana Sintética, debiéndosela colocar con cuidado, una vez colocada la geomembrana, hay que revisar que no existan huecos, agujeros pequeños, perforaciones en ella, para evitar la contaminación de las aguas subterráneas, las aguas del subsuelo, que se podrían dar, por parte de las aguas residuales domésticas que están siendo tratadas, también para mantener un mismo nivel de agua en todo el humedal y por si se da el caso de nivel freático muy alto.
- La capa de superficial de suelo que se reservo anteriormente se coloca sobre la geomembrana (puede ser una capa de h=0.20cm), de tal forma que sirva como base de las raices de la vegetación.
- Para la siembra de las plantas (Juncos) se agrega agua (podría ser de h=10-15cm), No se utilizarán semillas las plantas a utilizar serán de unos 20-30cm de alto, las mismas que se deberán sembrar de manera uniforme por todo el humedal a una distancia de 0.60m entre ellas, se espera que después de algún tiempo (6 meses a un año) existan plantas en todo el humedal sin que queden espacios libres entre ellas.

7.4. Opeación y Mantenimiento.

Entre los puntos más importantes se pueden citar los siguientes:

- Asegurar que el flujo alcance todas las partes del humedal.
- Mantener un crecimiento vigoroso de la vegetación.
- Proporcionar una amplia oportunidad para el contacto del agua con la comunidad microbiana, con la capa de residuos de vegetación y con el sedimento.

El agua debe cubrir todas las partes de la superficie del humedal, esto debe ser verificado de manera constante para asegurar que el agua se está moviendo a través de todas las partes del humedal, que el aumento de residuos no ha bloqueado caminos de flujo y no se han desarrollado áreas de estancamiento que aumentan la probabilidad de mosquitos, asimismo, debe verificarse flujos y niveles de agua de manera frecuente.

Los diques, vertederos y demás estructuras deben ser inspeccionados de manera regular e inmediatamente después de cualquier anomalía en el flujo. Los humedales deben ser revisados después de subidas importantes de caudal o después de formación de hielo (no aplica en este caso debido a que como se ha mencionado en los capítulos anteriores este proyecto no tendrá este problema debido al clima de Ecuador). Cualquier daño, corrosión u obstrucción. Debe ser corregida para así evitar daños mayores que por ende ocasionen grandes gastos al momento de efectuar las respectivas reparaciones.

En lo que respecta a la vegetación, el manejo del nivel del agua es la clave. Mientras las plantas del humedal pueden tolerar cambios temporales en la profundidad del agua, se debe tener cuidado de no exceder los límites de tolerancia de las especies usadas durante periodos largos de tiempo. La cubierta vegetal en los diques debe mantenerse para desarrollar una capa de tierra buena con sistemas de raíz extensos que resisten a la erosión. La vegetación debe inspeccionarse de manera regular y deben quitarse las especies invasoras, hay que evitar el uso de herbicidas, a excepción de casos extremos y puntuales.

Los mosquitos son comunes en los humedales naturales y pueden presentarse en los *humedales artificiales.* La mejor manera de evitar problemas con mosquitos es crear condiciones en el humedal que no sean atractivas para los mosquitos o que no conduzcan al desarrollo de larvas. Los lugares abiertos con agua estancada son un excelente hábitat para los mosquitos, y los nutrientes del agua estancada, son ideales para el desarrollo larval. Cuando el agua está en movimiento se minimiza el riesgo de desarrollo de mosquitos.

Es necesario llevar un control cuando se construye un humedal, es decir, medir si el humedal está cumpliendo con los objetivos y para indicar su integridad biológica. Esta supervisión permite identificar los problemas temprano y así evitar problemas mayores en el futuro.

El nivel de detalle del control dependerá del tamaño y complejidad del sistema de humedal propuesto o construido y puede cambiar cuando el sistema madura y se conoce mejor su comportamiento. Los sistemas ligeramente cargados que han estado operados de manera satisfactoria sólo necesitarán ser verificados una vez al mes, aquellos humedales que estén más cargados deben ser verificados de manera mas frecuente, por lo menos 3 veces al mes.

El rendimiento del humedal es normalmente evaluado para determinar ciertos parámetros importantes como la carga hidráulica, volúmenes de entrada y salida, variación de la calidad del agua entre la entrada y la salida.

La efectividad en la remoción de contaminantes puede determinarse mediante la diferencia entre la carga a la entrada (volumen de la entrada por concentración del contaminante) y la salida (volumen de la descarga por concentración del contaminante). Como se mencionó en capítulos anteriores los parámetros de interés a ser removidos pueden ser la DBO, Nitrógeno, Fósforo, SST, Metales Pesados y Bacterias. En caso de que el agua residual contenga contaminantes tóxicos como pesticidas o metales pesados, entonces debe analizarse los sedimentos una o dos veces al año para supervisar el aumento potencial de estos contaminantes en los sedimentos del humedal. Si es posible al agua subterránea cercana al humedal también debe supervisarse por lo menos una vez al año para asegurarse de que no se esté contaminando.

Los humedales deben ser controlados y evaluados periódicamente para observar las condiciones generales del sitio (mínimo trimestralmente) y para descubrir cambios importantes que puedan ser adversos, como erosión o crecimiento de vegetación indeseable. Debe supervisarse la vegetación constantemente para evaluar su salud y abundancia. Para humedales que no reciben cargas altas, la supervisión de la vegetación no se necesita que sea frecuente, a diferencia de los que reciben cargas altas que deben ser evaluados constantemente tanto cualitativa como cuantitativamente.

La composición de las especies y densidad de las plantas se determina fácilmente, inspeccionando parcelas cuadradas, por lo general de 1m x 1m, dentro del humedal. Los cambios que deben tenerse en cuenta son el aumento en el número de especies no deseadas, disminución en la densidad de la capa vegetativa o señal de enfermedad en las plantas. La vegetación del humedal construido está sujeta a cambios graduales cada año, puede ser que ciertas especies tiendan a morir y sean reemplazadas por otras.

El aumento de los sedimentos acumulados así como de la capa de residuos, disminuye la capacidad del almacenamiento de agua, afectando la profundidad en el humedal y alterando el flujo.