

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Ciencias Ambientales

Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental

DISEÑO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL COMPLEMENTARIO A UN SISTEMA DE TRATAMIENTO STP DE AGUAS NEGRAS Y GRISES PARA UN CAMPAMENTO DE UNA COMPAÑÍA PETROLERA

Autor:

Christian Endara Cisneros

Director:

Ing. Alonso Moreta

Quito – Ecuador

2010

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto presenta el diseño de un humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal, como tratamiento secundario de aguas negras y grises provenientes de la población de un campamento de una compañía de producción petrolera. Este campamento se encuentra localizado en el Oriente ecuatoriano, en la provincia de Sucumbíos, ubicada aproximadamente a 290 km. de la ciudad de Quito. La temperatura promedio que se tiene en la zona es de 24,9 °C, posee una precipitación lluviosa de 3058 mm. por año, y su nivel freático promedio es de entre 1.5 y 2 metros. Esta situado a una altura de 259 m.s.n.m. y sus coordenadas geográficas son S 00° 22' 27.2" y W 76° 37' 43.8".

Hoy en día es una labor complicada atender el tratamiento de aguas, ya que la tendencia de descarga en los valores máximos permisibles ha ido incrementando considerablemente y los sistemas de tratamiento actuales no cubren la demanda, debido a una existente sobrepoblación en el campamento objeto de estudio. Esto ha llevado a que los sistemas de tratamiento comunes no reduzcan completamente los niveles máximos permitidos en las descargas al ambiente, viendo así, la necesidad de implementar un sistema de humedales artificiales complementario al sistema de tratamiento de aguas existente, con el fin de reducir dichos parámetros hasta los niveles adecuados.

Es importante mencionar que los humedales artificiales son ecosistemas que poseen un substrato artificial o generalmente modificado, que se encuentra saturado, un afluente líquido contaminado y una vegetación implantada, donde la acción de estos tres componentes, permiten una serie de interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales, las aguas residuales son depuradas progresivamente. Mediante la utilización de humedales artificiales, se obtiene la remoción de sólidos suspendidos totales, nitrógeno, fósforo (en mínimas cantidades), organismos patógenos, metales y compuestos orgánicos.

Actualmente, las aguas negras y grises provenientes del campamento petrolero, son tratadas mediante una planta de tratamiento STP, y posteriormente finaliza el proceso con un sistema de cloración, para de esta manera descargar el recurso al ambiente.

Para la ejecución del presente proyecto, se realizó un análisis de la viabilidad del establecimiento de un humedal artificial en la zona objeto de estudio, verificando si este cumple con los parámetros técnicos, ambientales y legales que rigen las operaciones hidrocarburíferas para el país, concluyendo que la implementación de un humedal artificial como tratamiento secundario es viable, pues existe el área suficiente cercana al tratamiento primario, lo que facilita las condiciones de diseño.

Se analizaron registros históricos de los monitoreos realizados en la planta de tratamiento STP, con el fin de identificar las variaciones a través del tiempo, en los parámetros que se debe cumplir basados en la legislación vigente, la misma que se basa en la Constitución de la República del Ecuador, el Texto Unificado de Legislación Ambiental y el Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador.

Se realizó una salida de campo al lugar de diseño, con el fin de dimensionar el área de implementación del humedal artificial, evaluar el estado del sistema de tratamiento de aguas residuales que se tiene actualmente, registrar el caudal del agua en la salida de la planta de tratamiento STP, realizar muestreos de aguas, y finalmente, describir las características del cuerpo de agua receptor de las descargas posteriores al tratamiento.

Con el fin de contar con una referencia para el diseño del humedal, se realizó la toma de una muestra de agua residual a la entrada de la planta de tratamiento STP, a la salida de la planta de tratamiento STP antes y después del proceso de desinfección, es decir, en la descarga al ambiente, para posteriormente, realizar los respectivos análisis de laboratorio en la ciudad de Quito.

Se realizó un estudio de alternativas de diseño presentadas por varios autores, con el fin de proponer la alternativa más viable que se adapte al ambiente, a las necesidades, y requerimientos presentes en el área de estudio. Para esto, se obtuvo la información necesaria a partir de fuentes primarias como manuales técnicos, resultados de análisis de laboratorio, y de una entrevista al personal técnico que maneja la planta de tratamiento en el campamento; fuentes secundarias como libros, publicaciones, tesis de grado, textos y normativas aplicables en el Ecuador; y

finalmente, la información experimental se obtuvo a través de muestreos, mediciones de parámetros in-situ y la caracterización de las aguas negras y grises provenientes del campamento.

Para la elaboración del diseño del humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal, se aplicó el Modelo Flujo Pistón (FP), el mismo que enfatiza la importancia que tienen ciertos parámetros como el tiempo de retención hidráulica, la carga orgánica superficial, la carga hidráulica y la profundidad del agua, en la construcción de humedales artificiales.

El diseño completo del sistema de tratamiento de aguas, contempla un sistema primario, un tanque de almacenamiento, un sistema secundario y un sistema de desinfección.

El sistema primario lo constituye la actual planta de tratamiento STP que reduce principalmente las partículas sedimentables, lo cual garantiza que el humedal no tenga obstrucciones en los intersticios donde se desarrollan los procesos biológicos, y envía el agua residual clarificada al tanque de almacenamiento posterior a este tratamiento. El tanque de almacenamiento, controla que el flujo de agua que ingresa al humedal sea constante. El sistema secundario lo constituye el humedal artificial propiamente dicho, y finalmente el sistema de desinfección lo conforma un tanque de cloración que funciona mediante el uso de pastillas de hipoclorito de calcio.

El diseño se basa en los caudales generados por el número de habitantes que conforman la población y su crecimiento a través del tiempo. El humedal artificial está estructurado para soportar y controlar los niveles máximos de concentraciones de parámetros como nitrógeno y demanda química de oxígeno, mismos que en los últimos años han presentado variaciones considerables en sus valores dentro del campamento en cuestión, y busca mantenerlos en función de la legislación ambiental vigente, cumpliendo con estándares ambientales tanto a nivel nacional como internacional.

De acuerdo con los datos históricos de los monitoreos realizados de las descargas al ambiente de las aguas ya tratadas, desde enero del 2009 hasta mayo del 2010, han existido alteraciones y variaciones en los valores de pH, cloro residual, DQO y coliformes fecales, que superan los límites permisibles de acuerdo a la legislación ambiental vigente.

Para la ejecución del diseño, se realizó una proyección hasta el año 2013, del crecimiento poblacional que pudiera tener el campamento petrolero, obteniendo como resultado una

población de aproximadamente 400 personas, y que de acuerdo a la estadística basada en el número de habitantes y al consumo de agua en base a datos proporcionados por la empresa, permitió determinar para el diseño, el caudal de agua entrante al sistema para su tratamiento, siendo este valor de $78.7 \text{ m}^3/\text{día}$.

En cuanto al diseño propiamente dicho, se obtuvo que el humedal artificial puede tratar, de acuerdo al área disponible, 266.76 m^3 , es decir, que en base al volumen generado de agua residual en el campamento, el humedal tendrá un valor de 3 días de residencia hidráulica.

Es importante tener en cuenta que para el modelo Flujo Pistón, se trabaja en función de una constante K_T , que viene dada de acuerdo a la temperatura del agua residual a tratar, que en este caso y luego de varios monitoreos, su valor es de $28.9 \text{ }^\circ\text{C}$. Así mismo, el modelo trabaja también tomando en cuenta la porosidad del sustrato de acuerdo a las condiciones del diseño, que en este caso fue de 0.38.

Tomando en cuenta estos datos, se obtuvo los valores de las concentraciones máximas que admite el sistema basado únicamente en los parámetros de DQO y Nitrógeno, obteniendo como resultado valores de 304.08 mg/l y 18.24 mg/l respectivamente. Es importante mantener los monitoreos del afluente de la planta STP con el fin de garantizar que los niveles de los parámetros de DQO y Nitrógeno, ingresen al humedal artificial sin superar los niveles máximos que admite el diseño propuesto.

Como parte del diseño se estableció un tanque de almacenamiento de agua regulador de caudal, con una capacidad de $90 \text{ m}^3/\text{día}$, el mismo que permitirá repartir a flujo constante el agua que ingrese al humedal artificial.

Se determinó también, la velocidad de flujo de ingreso del sistema, tomando en cuenta una tubería de 4 pulgadas (valor recomendado para humedales artificiales) utilizada en el sistema, obteniendo un valor de 0.113 ms^{-1} , valor que se utilizó para encontrar un número de Reynolds de 14107.36, el mismo que indica un régimen turbulento, lo cual asegura que el agua que circula a través del humedal fluirá por el sistema superando posibles obstrucciones, garantizando un funcionamiento óptimo del mismo.

Como se mencionó anteriormente, los sistemas de humedales artificiales, funcionan de acuerdo a la especie vegetal que en este se encuentre, la misma que viene dada de acuerdo a las condiciones ambientales presentes en el medio.

En el presente diseño y cumpliendo con lo mencionado, la especie *Echinochloa polystachya* conocida con el nombre común de Pasto alemán fue la escogida para cumplir esta función depuradora. Esta especie es de fácil acceso dentro de la zona de estudio, pues es considerada como nativa en la región y su desarrollo, de acuerdo a lo estudiado por los técnicos que las manejan en el funcionamiento de otros humedales, es rápido y la eficiencia de depuración de aguas alcanza hasta un 99%. Sin embargo a que la especie en cuestión es óptima para el sistema, es importante reemplazar la vegetación con anticipación a la etapa final del ciclo de vida de las primeras especies sembradas, de tal manera que el humedal no deje de cumplir sus funciones de depuración en el transcurso del tiempo. Así mismo, se debe realizar mantenimientos frecuentes de la vegetación, eliminando cualquier tipo de maleza que se pueda presentar y pueda alterar las funciones del medio vegetal.

El adecuado tratamiento de aguas residuales del campamento petrolero, no solo permite cumplir con la legislación ambiental vigente, sino precautelar la salud de poblaciones cercanas, debido a la proximidad de estas con el río donde se descargan los efluentes tratados, ya que en ocasiones, estos asentamientos utilizan el recurso para sus necesidades.