

PLANTA PARA DEPURACIÓN AGUAS NEGRAS GENERADAS POR LA ESTACIÓN No.1 DEL "SOTE"

Rubén Mejía Troya

*Departamento de Postgrados, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador
rmejia@hotmail.com*

Resumen: Distintas actividades humanas permanentemente contaminan el recurso agua, convirtiendo esta fuente de vida en elemento nocivo, perjudicial para la salud y subsistencia de la vida. El cumplimiento de la Normativa Ambiental, constituye una obligación moral de todos los habitantes del Planeta Tierra y la mejor alternativa para minimizar el daño que causamos al oro azul. La responsabilidad objetiva de la Escuela Politécnica del Ejército, detecta acertadamente la necesidad de capacitar profesionales en áreas estratégicas necesarias para el desarrollo de nuestro país. En este contexto, en el año 1998 inició la Maestría presencial "ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE", con la participación de destacados maestros, científicos y catedráticos internacionales de Estados Unidos, India, Brasil, Cuba, Colombia y Ecuador. Considero relevante manifestar que gracias a los conocimientos obtenidos en esta Maestría, la Empresa Pública Petroecuador consiguió la certificación "ISO 14001", que le acredita prestigio y credibilidad internacional. Temas de suma importancia tratados en la Escuela Politécnica del Ejército, fueron transmitidos a las principales autoridades de Petroecuador, constituyendo motivación fundamental para que la Estatal Petrolera, inicie una masiva capacitación de su personal en aspectos ambientales y concluya con la certificación referida. La Estación de Bombeo No.1 de EP Petroecuador, en su Política Ambiental interna, determinó el compromiso voluntario de no contaminar el ambiente y el entorno circundante a sus instalaciones; sin embargo la Estación de Bombeo No.1 del Oleoducto Transecuatoriano, ubicada en la ciudad de Nueva Loja, descarga sus aguas negras sobre un estero aledaño, causando contaminación. Con estos antecedentes, se realizaron análisis de laboratorio, inspecciones de campo y encuestas a los habitantes colindantes, quienes transmitieron su preocupación por los frecuentes casos de enfermedades cutáneas y gastrointestinales. Se plantearon objetivos específicos y su cumplimiento constituyó una importante herramienta para caracterizar el problema. La investigación bibliográfica sobre la Fitodepuración, ayudó a visualizar alternativas de solución; determinando que un humedal artificial trabaja como una eficiente Planta Depuradora de aguas cloacales, sobre todo en grupos humanos de mediana densidad poblacional; parámetro importante que constituyó la base fundamental para decidir la implantación de un Humedal Artificial, en la Estación de Bombeo No. 1 del Oleoducto Transecuatoriano. El levantamiento topográfico integral de las instalaciones de la estación referida, constituyó la primera actividad preliminar efectuada, estableciendo un inventario y catastro del sistema de alcantarillado existente, cálculos matemáticos ayudaron a determinar el caudal de diseño y el dimensionamiento de tuberías; con el auxilio de los resultados de laboratorio y formulas matemáticas se calculó la superficie del humedal. La implantación y el diseño adecuado fue posible gracias a la investigación realizada referente a los parámetros climatológicos de la zona y sobre las plantas acuáticas emergentes. Con este nuevo sistema para el tratamiento de aguas negras, la Estación de Bombeo No. 1, del Oleoducto Transecuatoriano de Petroecuador,

cumplirá con la normativa ambiental, contribuyendo con la buena salud de sus usuarios, vecinos colindantes y con la protección del medio ambiente.

Palabras claves: contaminación, medio ambiente, recurso, afectación, minimizar, impactos, aspectos, certificaciones ambientales, fitodepuración, planta, tratamiento.

Abstract: Different human activities permanently contaminate water resources, making this life fount in a harmful element, detrimental to health and subsistence of life. Compliance with Environmental Regulations is a moral obligation of all people on Earth, and is the best alternative to minimize the harm we cause in blue gold. The objective responsibility of the Escuela Politécnica del Ejército, correctly detected the need to train professionals in strategic areas necessary for the development of the country. In this context in 1998, initiated the Mastery "ENERGY AND ENVIRONMENT, with full participation of teachers, scientists and professors from the United States, India, Brazil, Cuba, Colombia and Ecuador. On account of the knowledge gained in this new initiative Petroecuador achieved "ISO 14001" certification. The important issues discussed in the program were transmitted to Petroecuador executives, which in turn sparked a massive staff re-training on environmental aspects which led to the distinguished rating. The internal environmental politic of Pumping Station No. 1 of Petroecuador, determined the voluntary commitment not to contaminate the environment and the area surrounding to facilities. However, it has been discovered at Pumping Station No. 1, located in the city of Nueva Loja, that wastewater is presently being discharged into a nearby estuary, cause pollution. Under these circumstances, were performed testing of Laboratory of these sewage, also field inspections and surveys of adjacent residents to these facilities, who expressed their concern about the frequent cases of cutaneous and gastrointestinal diseases; for this reason it was proposed specific objectives and the compliance as a fundamental tool for the characterization of the problem. The literature on the Phytodepuration, visualized the way to find the solution to the problem identified, determining that an artificial wetland, works as an efficient sewage Treatment Plant, especially in human groups median demographic density. Important parameter which formed the foundation for the decision to implement an Artificial Wetland in the Pumping Station No. 1 of the Transecuatorian Pipeline System.

The topographic survey station referred, was the first conducted as preliminary activity, establishing an inventory of existing sewerage system, mathematical calculations helped to determine the design flow and pipe sizing, with the help of laboratory results and mathematical formulas, calculated the area of wetland. Implantation and appropriate design, it made possible by research concerning climate parameters of the area and research of emergent aquatic plants. With this new system for treating wastewater Pump Station No. 1, the Trans-Ecuadorian Pipeline System of Petroecuador, will comply with environmental regulations, contributing to the health of its users, its adjacent neighbors and the protection of the environment.

Key words: pollution, deterioration, resource, decrease, eviromental, requeriments, phytodepuration, treatment, plant.

I. Introducción

Este artículo pretende estimular la conciencia colectiva, en cuanto a la gravedad que significa la acelerada contaminación del agua en nuestro Planeta. El inadecuado

tratamiento de aguas negras generada por la estación de bombeo No. 1 del Oleoducto Transecuatoriano de Petroecuador, origina contaminación en un estero aledaño a sus instalaciones, aspecto comprobado en análisis de laboratorio realizados en muestras obtenidas en la descarga y en el cuerpo receptor; además inspecciones y encuestas de campo evidenciaron la proliferación de enfermedades cutáneas y gastrointestinales en los habitantes que tienen sus viviendas a orillas del estero antes referido. Adjunto tablas de los análisis de laboratorio aguas negras Estación1, en las cuales se puede establecer el incumplimiento a los límites permisibles.

Tabla 1. Análisis de laboratorio aguas negras Estación No.1

Análisis físico químico	Unidades	Datos
Demanda Química de Oxígeno DQO	miligramos/ litro	160
Coliformes totales	NMP/ 100 mililitros	270.000
Fecha de muestreo: 5 de Diciembre del 2006		
Nombre del responsable del ensayo: Dr. Vicente Parreño Carrera		

Tabla 2. Análisis de laboratorio aguas negras Estación No.1

<i>Análisis físico químico</i>	<i>Unidades</i>	<i>Datos</i>
Demanda Química de Oxígeno DQO	miligramos/ litro	mayor 80 miligramos lt.
Coliformes totales	NMP/ 100 mililitros	2.700
Acreditación No. OAE LEC 11-004		
Fecha de muestreo: 28 de Marzo del 2012		

Tabla 3. Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Decreto 1215

Límites permisibles para las descargas de aguas grises y negras

Análisis físico químico	Unidades	Datos
Demanda Química de Oxígeno DQO	miligramos/ litro	Menos 80 miligramos lt
Coliformes totales	NMP/ mililitros	100 menos de 1.000 en lt.
Fecha de edición: año 2005		

En las tablas descritas, se puede evidenciar que los análisis de laboratorio en los años 2006 y 2012, no cumplen los límites permisibles para las descargas de aguas negras, establecidos en el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador Decreto 1215. El DQO, es mayor a 80 mgs. en litro y los Coliformes Totales son superiores a 1.000 en 100 mililitros; razón por la cual se determinó la existencia de contaminación en el estero aledaño a las instalaciones de la Estación de Bombeo No.1 de Petroecuador.

En virtud de los resultados obtenidos, fue necesario realizar inspecciones de campo y encuestas a los habitantes que tienen sus viviendas cerca al estero en referencia, obteniendo datos que corroboraron la contaminación anteriormente descrita. Adjunto una parte de los datos analizados con el Programa SPSS (tablas) y fotografías en las cuales se puede observar a inocentes niños que desconocen el peligro, utilizando el agua del estero como fuente de recreación.

Tabla 4. Tabulación aspecto utilizar

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative %
Valid	SI - En lavar ropa y manos	7	14,0	14,0	14,0
	SI - En sequía , baño de niños	5	10,0	10,0	24,0
	NO - Por contaminadas	7	14,0	14,0	38,0
	NO - Utilizan	31	62,0	62,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0	

Tabla 5. Tabulación aspectos de salud

		Frecuency	Percent	Valid Percent	Cumulative %
Valid	SI - Por hongos	11	22,0	22,0	22,0
	SI - Por alergias y comezón	10	20,0	20,0	42,0
	SI - Por sancudos y manchas	14	28,0	28,0	70,0
	SI - Salud, intoxicación	12	24,0	24,0	94,0
	NO	3	6,0	6,0	100,0
	Total	50	100,0	100,0	

Figura 1. Niños jugando en el estero contaminado. Ciudad de Nueva Loja



Para caracterizar el escenario de contaminación existente en la Estación de Bombeo No. 1 del “S”, se plantearon objetivos específicos, los mismos que se desglosan a continuación:

- Efectuar un inventario integral del sistema de alcantarillado, cuya construcción data de 40 años, con sus fosas sépticas deterioradas y sus paredes permeables contaminando el recurso suelo.
- Identificar los parámetros de la Demanda Química de Oxígeno y Coliformes totales en la descarga y en el cuerpo receptor.(Tablas anteriormente descritas).
- Estimar los caudales de la descarga de aguas negras en la referida Estación.

Considero importante mencionar que Petroecuador instaló 10 años atrás, Plantas de tratamiento de aguas cloacales, en varias Estaciones de Bombeo del “SOTE”; sin embargo esta Empresa consideró que la inversión no fue acertada; debido al alto costo de mantenimiento. Estos sistemas están compuestos de tanques metálicos elevados horizontales de 10 m. de largo y tres de diámetro, con columnas de soporte, tres compartimentos internos comunicados entre sí, fosas de recolección del agua cloacal, tuberías de 4” para ingreso y descarga, bombas electromecánicas, tableros de control eléctrico, tanques para dosificación de cloro, escaleras de acceso a las bocas de revisión, tubería para desfogue de olores, etc. Estos equipos necesitan de control diario, razón por la cual existe un trabajador encargado de revisar la cantidad de cloro, de bacterias, el mecanismo eléctrico y soluciona los continuos desperfectos de las bombas. Actualmente estos tanques metálicos de tratamiento, tienen un severo proceso de corrosión interna; razón por la cual deben ser sustituidos.

Con estos antecedentes y consiente de las buenas experiencias que los Humedales artificiales están brindado en muchos sitios del Planeta, existió la motivación para investigar sobre este tema. De esta manera, recopilando información, se obtuvo la evidencia que ciertas plantas acuáticas emergentes, depuran eficientemente el agua residual cloacal.

Efectuar y cumplir los objetivos planteados, constituyó un aporte positivo para las instalaciones de la Estación de Bombeo No.1 del “SOTE”; con este trabajo de campo se detectó que el alcantarillado es un sistema separado con fosas sépticas individuales para cada unidad o área de trabajo, compuesto únicamente por tuberías y pequeñas cajas de revisión en mal estado. Las fosas sépticas, cuya construcción data de mas de 40 años, cumplieron su vida útil, las mismas que permiten permeabilidad por sus paredes, sumándose a estas condiciones negativas, la falta de mantenimiento. Con estas evidencias, es claro determinar que cada fosa séptica constituye un foco de contaminación puntual, con el interrogante respecto a los lixiviados. ¿Existirá contaminación a vertientes subterráneas?.

Con el objetivo de solucionar este problema, se planteó un nuevo sistema integral de alcantarillado, el mismo que recogerá el agua cloacal de todas las instalaciones, evacuando a unas cámaras de pretratamiento y decantación, para posteriormente ingresar a una planta de tratamiento, la misma que deberá ubicarse en un área de terreno con un nivel 5 m. bajo la plataforma en la cual están implantadas las instalaciones de la Estación No. 1, de esta manera el sistema funcionará por gravedad, no tendrá necesidad de bombas electromecánicas, por consiguiente, existirá un ahorro energético.

La investigación y recopilación de información respecto de los sistemas de depuración natural de aguas cloacales, determinó que los humedales constituyen una técnica sustentable y de bajo costo, además resultó sumamente interesante las experiencias de empresas y personas que realizaron varios humedales y recomiendan que el sistema es ideal, funciona mejor, de manera más eficiente, en la evacuación de aguas cloacales de grupos humanos de mediana densidad poblacional. La información obtenida respecto de las plantas acuáticas emergentes que se han adaptado perfectamente al clima cálido húmedo de la región oriental del Ecuador, además los datos sobre temperatura, precipitaciones, nubosidad, vientos de la zona, constituyeron parámetros importantes para la decisión de implantar un Humedal Artificial en La Estación de Bombeo No.1.

Previo al diseño fue necesario realizar mediciones del caudal de aguas negras, cálculos para el caudal de diseño, cálculos para el dimensionamiento de la tubería de alcantarillado, para las cámaras de pretratamiento y para el dimensionamiento de la superficie del Humedal.

II. Metodología

La captación de muestras de aguas negras, fueron tomadas en las descargas de las fosas sépticas y del estero aledaño junto a las instalaciones de la Estación de Bombeo No.1 del “SOTE”. Para obtener estas muestras, técnicos provistos de guantes y probetas de un litro de capacidad, realizaron esta recolección, en varios horarios diurnos, luego

en un laboratorio ubicado a poca distancia de estas instalaciones, efectuaron inmediatamente los análisis para evitar distorsión en los resultados (si el agua queda mucho tiempo en la probeta, hay multiplicación de bacterias). En el análisis estadístico de las encuestas a los habitantes aledaños al estero, se utilizó el Programa “SPSS”, el mismo que ahorro enormemente el recurso tiempo.

La medición del caudal de aguas negras se realizó en campo, tomando el tiempo que se demora en llenar una probeta de 1 litro de capacidad; para cotejar esos resultados se realizó un cálculo con método matemático, el mismo que arrojó datos similares a los obtenidos en campo.

El diseño del nuevo sistema de alcantarillado de la Estación No. 1 y la ubicación correcta del Humedal, fue factible efectuar gracias al recurso de un levantamiento topográfico el mismo que sirvió para dimensionar las cotas de altura de cajas y pozos de revisión. Para el diseño del humedal fueron necesarias visitas e inspecciones de campo y la utilización del Programa Autocad.

III. Evaluación de resultados y discusión

Es evidente que al realizar un nuevo sistema integral de alcantarillado, las contaminaciones puntuales generadas por las antiguas fosas sépticas, desaparecerán; con respecto a los resultados de la calidad de agua que va a descargar el Humedal ubicado en la Estación No. 1 del “SOTE”, es posible asegurar que cumplirá los parámetros permisibles del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarbúricas en el Ecuador; ya que para el diseño de su dimensionamiento se realizó un cálculo matemático con datos estrictamente vinculados a la realidad. La fórmula empleada fue la siguiente:

$$As = \frac{Q(\ln Co - \ln Ce)}{Kt \cdot d \cdot n}$$

Desglosando los símbolos, obtenemos:

- As = Área o superficie del Humedal expresada en m²
- Q = El caudal del efluente que entra al Humedal expresado en m³/día
- Co = DQO de entrada al Humedal 160 mg/lit (Análisis laboratorio)
- Ce = La DQO que cumpla Las Normas Ambientales Vigentes en el país
- LnCo/Ce = El logaritmo Neperiano de la relación entre el DQO de entrada al Humedal y la DQO esperada a la salida del Humedal
- Kt = La constante de temperatura, que para las peores condiciones (6° centígrados), es 0,36
- d = La profundidad media del canal, que se estima en 0,60 metros promedio (Pendiente del 1%)
- n = La porosidad del sustrato. Material pétreo de la zona chispa, de 16 mm., = 38%

La comprobación en campo de la calidad de agua que descargue el Humedal, será posible efectuando su construcción e implementación, este estudio llegó únicamente a la fase de diseño, debido a la negativa de Petroecuador en brindar las facilidades necesarias, peor aún el financiamiento de este Proyecto. Cabe mencionar que esta investigación se realizó con esfuerzo personal.

Considero que este estudio es importante para la estación de bombeo No. 1 del “SOTE”, en la medida que se implementaría un eficiente sistema para depurar la descarga de sus aguas cloacales, sustentable, de bajo costo y fácil mantenimiento.

IV. Trabajos relacionados

En párrafos anteriores se manifestó que la Empresa Pública Petroecuador, instaló en varias estaciones de bombeo del “SOTE”, plantas electromecánicas para el tratamiento de sus aguas cloacales, las mismas que necesitan un costoso y complejo mantenimiento, el nuevo sistema planteado puede ser considerado como un plan piloto y sus buenos resultados aplicados en el reemplazo de las Plantas existentes.

V. Conclusiones

La optimización del tratamiento para la depuración natural de aguas negras de la Estación No.1 del “SOTE”, permitirá a Petroecuador cumplir con la Normativa Ambiental, además minimizará las contaminaciones internas, externas y propenderá a velar por la buena salud de sus funcionarios y vecinos colindantes.

El Tema de Tesis en referencia, constituye un pequeño grano de arena que contribuye en la lucha diaria para evitar el deterioro ambiental; sin embargo no basta solamente en buscar aisladamente la solución de problemas específicos. La verdadera solución a nuestros problemas ambientales debe enfocarse en un cambio del Modelo de Desarrollo a nivel Nacional y Latinoamericano, en el cual los aspectos ambientales deben ser prioritarios en la mesa de discusión, planteando un equilibrio entre el consumismo y los recursos naturales. La desmedida preocupación por el progreso se ha orientado hacia la acumulación y el lucro, perdiendo de vista la dimensión humana como objetivo final del desarrollo y la noción de armonía con la naturaleza.

VI. Recomendaciones

Los Estados y ciudades deben comprender que el óptimo abastecimiento de agua potable, la distribución equitativa, el tratamiento adecuado y eficiente en la evacuación de aguas negras, constituye uno de los principales factores para la buena salud y bienestar de sus habitantes.

Culminado el Proyecto, considero de suma importancia, realizar un cierre técnico de las fosas sépticas existentes, tomando las debidas precauciones para evitar contaminaciones futuras.

Bibliografía

- Lucas (1999). El petróleo destruye la Amazonía. Organización de Estados Iberoamericanos. Servicio informativo Iberoamericano, Julio 1999. www.oei.org.co/sii/entrega18/art03.htm. Documento rescatado el día 14 de mayo a las 8:30 A.M.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Distributivo de la población de Sucumbíos. Elaboración PDOT-GADMLA.
- María Isabel Hofer. Contaminación de las Aguas desde la óptica del Derecho. Buenos Aires 2009.
- Roberto Aurelio Nuñez López. Yunny Meas Vong. Raul Ortega Borges. Eugenia J. Olguín. Fitorremediación: Fundamentos y Aplicaciones. Suel.Wikispaces.com/file/view/Fitorremediación.Fund.Aplic. Documento rescatado el 7 de junio del 2012 a las 6:15 P.M.
- Dr. Vinicio Jaramillo Garcés. Contaminación Hídrica y su Control. Quito: ESPE 1999.
- Juan Pablo Silva V. Humedales Construidos. Compilador. Universidad del Valle Colombia. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. [www.bysde. Paho.org/bvsaar/e/fulltext/humedales](http://www.bysde.Paho.org/bvsaar/e/fulltext/humedales). PDF/Adobe Acrobat. Documento rescatado el 7 de Junio del 2012 a las 7:30 P.M.
- Delgadillo. Camacho. Pérez. Andrade. (2010). Proyecto Gov - Agua. Programa Alfa de la Unión Europea. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Universidad de San Simón. Edición Cochabamba Bolivia 2010. Documento rescatado el 7 de Junio del 2012 a las 9: 00 P.M.
- Fernández 2007. *Macrófitas* de interés en *Fitodepuración*. www.fundaciónglobalnature.org/macrophytes/capítulo 207. Documento rescatado el 4 de Junio del 2012 a las 9:00A.M.
- Sandra Magali Tores Abad. (2009). Tesis del Aprovechamiento del Lechugín *Echhornia Grassipes*, del Embalse de la Represa Daniel Palacios como Biosorbente de Metales Pesados en el Tratamiento de Aguas Residuales. Dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/698/4/Capítulo2. Publicación año 2010. Documento rescatado el 4 de Junio del 2012 a las 2:30 P.M.
- (Díaz M. 2005). Tesis de Grado “Geología Regional de la Cuenca del Oriente”, convenio entre Petroproducción y la Escuela Politécnica del Ejército. Publicación año 2005.

- Fuente: Archivos Yawe. Estaciones Meteorológicas Coca- Aeropuerto, Tiputini, Palmoriente- Huashito.
- Marketing Bibliotecario (2011) Región Oriental Amazónica. Provincia de Sucumbios. Primera Parte.. Documento rescatado el 01 de Junio del 2012 a las 8:30 A.M.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010). Elaboración, Coordinación PDOT- GADMLA.
- Reglamento Ambiental Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (2005). Decreto 1215. Tabla No.5. Límites permisibles para las descargas de aguas negras y grises. (p. 135).
- Sistemas hidroneumáticos C.A. Av. Luis Camoens, Sótano Zona Industrial de la Trinidad, en la ciudad de Carácas- Venezuela, Edificio Procaste telef: 93227793.
- Corbitt Robert A. “Manual de Referencia de la Ingeniería Ambiental”, Edición Original Mc Graw-Hill, Madrid - España, 2003.
- Metcalf & Eddy, “Ingeniería de Aguas Residuales”, Editorial Impresos y Revistas S.A., España, 1995.
- Mara and Pearson (1998). Modern Desing of WasteStabilization Ponds in Warm. www.Efm.leeds.ac.Uk/CIVE/Mcarlo/documents/Chimwemwe_Final.
- José Manga Certain. Nelson Molinares Amaya. Jorge Arrieta Pearson. (2007). Tratamiento de Aguas Residuales Mediante Sistemas de Lagunaje. Primera edición. Bogotá Colombia.
- Manning (1889). Cálculo de la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías. [es.org/wiki/Fórmula de Manning](http://es.org/wiki/Fórmula_de_Manning).