

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA: “DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, CANTÓN IBARRA PROVINCIA IMBABURA”

AUTOR: Willam Hernán Villarreal Rosales

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO: Ing. Jorge Granja Ruales

COMITÉ LECTOR:

Biol. Renato Oquendo

Ing. Reney Cadena

Ing. Juan Puerres

AÑO: 2015

LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN

Predio donde se encuentra el estadio olímpico de la Universidad Técnica del Norte, ubicado en la Av. 13 de Abril y Morona Santiago, Parroquia El Sagrario, Cantón Ibarra, Provincia Imbabura. Laboratorios de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra (EMAPA-I).

BENEFICIARIOS

Docentes y alumnos de las carreras de ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Energías Renovables y Biotecnología, quienes podrán desarrollar investigaciones formativas y prácticas de fortalecimiento en los conocimientos adquiridos en el aula.

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS: VILLARREAL ROSALES

NOMBRES: WILLAM HERNÁN

C. CIUDADANÍA: 040143614-2

TELÉFONO CONVENCIONAL: 062-988-951

TELÉFONO CELULAR: 0980432473

CORREO ELECTRÓNICO: w_illa_m-01@hotmail.es / willam0106@gmail.com

DIRECCIÓN: Carchi-Tulcán-González Suárez-Cdla. Padre Clemente Guerrón # 48

AÑO: febrero-2015

DATOS DE LA EMPRESA DONDE TRABAJA: Consultor Ambiental (Particular)

“DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, CANTÓN IBARRA PROVINCIA IMBABURA”

INTRODUCCIÓN

El agua como componente indispensable para cualquier forma de vida, unido al desarrollo de poblaciones y caracterizada por una creciente demanda en actividades de consumo e industrial, está acarreado una mayor explotación a uno de los recursos naturales más utilizados y el peor tratado (Kuklinski, 2011). El tratamiento del agua residual es un reto urbanístico y la afirmación de una identidad comprometida con el desarrollo sustentable.

La generación de efluentes es una consecuencia inevitable de las actividades humanas, actividades que modifican las características de calidad del agua de partida, contaminándola e invalidando, en algunos casos, su posterior aplicación para otros usos. Es un hecho que el vertido de aguas residuales sin depurar provoca daños, en ocasiones irreversibles.

Advertida la necesidad de suspender definitivamente el sistema de riego con agua potable para el césped y plantas ornamentales del estadio olímpico UTN, y que a su vez representa un gasto económico elevado, se plantean el diseño para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales, que cumpla con requerimientos de funcionalidad, eficiencia y generación calidad de agua apta para el riego ornamental; es así que, el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias debe ser entendido como una necesidad, a fin de mantener condiciones ambientales adecuadas para la población y propender a un uso racional y sustentable de los recursos acuáticos.

El presente proyecto tiene la finalidad de documentar, sistematizar y sustentar el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, generadas por las instalaciones de la Universidad Técnica del Norte y de los sectores de influencia,

siendo un reto de importancia social, ecológica, y económica, enmarcado en la política de sustentabilidad de la Universidad y del Plan Nacional para el Buen Vivir.

La planta piloto permitirá fortalecer la investigación formativa y difundir la tecnología de tratamiento biológico de agua residual en el área de influencia de la UTN. Los principales beneficiarios de este proyecto serán docentes y alumnos de las carreras de ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Energías Renovables y Biotecnología, quienes podrán desarrollar investigaciones formativas y prácticas de fortalecimiento en los conocimientos adquiridos en el aula.

OBJETIVOS

Objetivo general

Establecer el diseño para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales en el estadio de la Universidad Técnica del Norte.

Objetivos específicos

- Caracterizar el estado de contaminación de las aguas residuales urbanas aledañas al estadio UTN.
- Analizar los parámetros de calidad de agua que intervienen en el diseño del sistema de tratamiento.
- Definir y dimensionar la línea del sistema de tratamiento de aguas residuales.

METODOLOGÍA

Diagnóstico cuantitativo y cualitativo de calidad del agua residual

Se inicia el proceso con la selección de parámetros de calidad de agua, para llevar a término los análisis físicos, químicos y microbiológicos correspondientes.

Estimación de la población servida y caudales de aguas residuales generado

El crecimiento poblacional y los caudales generados están dados por los modelos siguientes:

Población

$$P_f = P_o(1 + \alpha)^t$$

Siendo:

P_f (Población futura), P_o (población actual), α (tasa de crecimiento poblacional) y t (tiempo).

Caudal medio diario

$$Q_{med} = \frac{80\% * P_f * D_f}{86400}$$

Siendo:

80% (Porcentaje de recuperación), P_f (población futura) y D_f (dotación agua).

Caudal máximo instantáneo

$$Q_{m\acute{a}x} = Q_{med} * \left(1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{P_f}{1000}}} \right)$$

Línea del proceso de tratamiento

El proceso básico consiste en sistema de recolección del agua cruda, pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, desinfección, almacenamiento y regadío

Pre-tratamiento

Realiza la separación de sólidos gruesos, grasas y regula de mejor manera el caudal para el proceso siguiente.

Diseño de rejillas de limpieza manual

Los criterios de diseño se detallan en la siguiente tabla.

Parámetro	Valor o rango
Velocidad mínima de paso	0,6 m/s (a caudal medio)
Velocidad máxima de paso	1,4 m/s (a caudal punta)
Grado de colmatación estimado entre intervalos de limpieza	30%
Pérdida de carga máxima admisible	15 cm (a caudal medio)

Área en la zona de la rejilla

$$A_R = B_c * \frac{L}{L + b} * \left(1 - \frac{G}{100} \right)$$

Donde,

A_R [área útil del canal en la zona de la rejilla (m²)], B_c [ancho del canal (m)], L [espacio entre barrotes (m)], b [ancho de barrotes (m)], G [grado de colmatación-usualmente se adopta un valor de 30%].

Pérdida de carga generada por la rejilla

$$\Delta H = \beta * \left(\frac{b}{L} \right) * \frac{V_p^2}{2g} * \sin \theta$$

Donde,

ΔH [pérdida de carga generada por la rejilla (m)], β [factor dependiente de las barras circulares], b [diámetro de barrotes (m)], L [espacio entre barrotes (m)], V_p [velocidad de paso del agua a través de la rejilla (m/s)], g [aceleración de la gravedad (m/s²)] y θ [Ángulo de inclinación de los barrotes (°)]

El número de barrotes

$$N = \frac{B_R - L}{b + L}$$

Donde,

N [número de barrotes], B_R [ancho del canal en la zona de rejilla (m)], L [espacio entre barrotes (m)], b [ancho de barrotes (m)].

Trampa de grasas

Se recomienda las siguientes especificaciones para el diseño de la trampa de grasa:

- La relación largo/ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendido entre 2:1 a 3:2.
- La profundidad deberá ser mayor a 0,80 m y menor a 2.00 m.
- El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser mayor 0,30 m.
- La trampa de grasa deberá ser de forma cónica o piramidal invertida con la pared del lado de salida vertical. Y el lado inclinado deberá

tener una pendiente entre 45° a 60° con respecto a la horizontal

- La trampa de grasa y el compartimento de almacenamiento o desalajo de grasa estarán conectados a través de un vertedor de rebose, el cual deberá estar a 0,05 m por encima del nivel de agua.
- Para caudales inferiores a 1l/s, el volumen máximo de tanque será de 2m³.
- El tiempo de retención hidráulico será menor a 45 minutos y permitirá regular un caudal constante a través de todo el sistema consecuente.

Tratamiento primario

Velocidad de sedimentación

Los datos necesarios se establecen en la siguiente tabla.

Q = Caudal	0,0008	m ³ /s
ρ_p = Densidad relativa Partícula	2,65	g/cm ³
ρ_f = Densidad del Agua	0,998≈1	g/cm ³
η = Viscosidad del Agua	0.01	cm ² /s
d = Diámetro de Partículas	0,02	cm
g = Gravedad	980	cm/s ²
T= Temperatura del Agua	20	°C

Como primera aproximación utilizamos la ley de Stokes.

$$V_s = \frac{g}{18} \left(\frac{\rho_p - \rho_f}{\eta} \right) d^2$$

Se comprueba el número de Reynolds:

$$R_e = \frac{V_s * d}{\eta}$$

Reynolds debe cumplir para la aplicación de la ley de Stokes ($Re < 0.5$), si los valores calculados ($Re > 0.5$) caen en la zona de transición, por lo que el coeficiente C_D se calcula con la ley de Allen:

$$C_D = \frac{24}{R} + \frac{3}{\sqrt{R}} + 0,34$$

Conocido el valor, se puede determinar la velocidad real de sedimentación de la partícula en la zona de transición se obtiene mediante la ley de Newton, donde

se utiliza una constante $\varphi=20$ para sedimentación de un flóculo, es así que:

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{g}{C_D * \varphi} (\rho_p - 1) d}$$

Dimensionamiento del sedimentador

Se determina el área superficial de la unidad (A_s):

$$A_s = \frac{Q}{C_s}$$

Dónde: Q [caudal de diseño (m³/día)], C_s [carga superficial (m³/m²/día)].

Velocidad horizontal

$$V_H = \frac{100 * Q}{B * H}$$

Velocidad de arrastre

$$V_d = \sqrt{\frac{8k * g * (\rho_s - 1) * d}{f}}$$

Siendo:

k: Factor de forma (0.04, Arenas unigranulares no adheribles)

Vd: Velocidad de desplazamiento (cm/s)

f: Factor de fricción de Darcy-Weisbach (0.025)

Tiempo de retención hidráulico

$$TRH = \frac{A_s * H}{3600 * Q}$$

Diseño del biodigestor

El volumen líquido y gaseoso se relacionan mediante:

$$V_G = \frac{V_L}{3}$$

$$V_T = V_G + V_L$$

Donde,

V_T [volumen del digestor (m³)], V_G [volumen del gas (m³)] y V_L [volumen del líquido (m³)].

Para Sánchez (2003), el potencial de producción de metano (BO) para aguas residuales es aproximadamente de 0.406 m³ CH₄/KgVS, con una eficiencia de reducción (Ef) de VS (sólidos volátiles) al 50%.

Tratamiento secundario

Los criterios básicos para el diseño de un humedal artificial se detallan en la tabla siguiente:

Factor	Unidad	Intervalo	Valor usual
Humedal de flujo vertical			
<i>Medio filtrante</i>			
Arena fina lavada (secundario)	mm	0,25-0,75	0,35
Grava fina (primario)	mm	2-8	2-5
Profundidad	cm	45-90	60
Coefficiente uniformidad	%	3-6	<4
Porcentaje finos		2-5	<4
<i>Drenaje</i>			
Clase (tubería perforada)			
Tamaño	Pulg.	3-4	4
Pendiente	%	0,1-1	0,5
Grava de drenaje	mm	20-40	40
<i>Distribución de agua</i>			
Diámetro de tubería	Pulg.	1-2	1,5
Distancia entre tuberías	m	0,5-1,2	0,6
Orificio distribución	mm	3-8	6
Distancia entre orificios	m	0,5-1,2	0,6
<i>Hidráulica</i>			
Carga hidráulica	l/m ² /día	40-60	50
Carga orgánica	Kg DBO/m ² /día	0,0025-0,01	<0,005
<i>Dosificación</i>			
Frecuencia	Veces/día	4-24	12
Volumen/orificio	l/orif./dosis	0,6-1,1	0,9
Tiempo aplicación	Minutos	2-15	5
Humedal de flujo horizontal			
<i>Medio filtrante</i>			
Grava ingreso y salida	mm	40-100	50
Grava media	mm	5-10	8
Profundidad del medio	m	0,7-1,5	0,7
Pendiente	%	0,5-1	1
Relación largo-ancho		2:1-7:1	3:1
<i>Drenaje</i>			
Tubería perforada	Pulg	3-4	4
<i>Distribución de agua</i>			
Tubería perforada	Pulg	3-4	3
<i>Hidráulica</i>			
Profundidad del agua	m	0,1-0,8	0,6
Carga orgánica	Kg DBO/m ² /día	3-7,5	<11
Carga hidráulica	m ³ /m ² /día	0,1-0,2	

Tamaño del humedal

El tamaño del humedal está basado en la ecuación de Kickuth:

$$A_h = \frac{Q_d(\ln C_i - \ln C_e)}{K_{DBO}}$$

Donde,

A_h (área de superficie del lecho, en m²),

Q_d (nivel promedio de flujo diario de desechos, en m³/día),

C_i (concentración de DBO₅ en el afluente, en mg/l),

C_e (concentración de DBO₅ en el efluente, en mg/l) y

K_{DBO} (constante de velocidad, en m/día)

El parámetro K_{DBO} es determinada a partir de la formula $KTdn$.

$$KT = K_{20}(1,06)^{(T-20)}$$

Donde,

K_{20} (constante de velocidad a 20°C, en día⁻¹), T (temperatura de operación del sistema, en°C), d (profundidad de la columna de agua, en metros) y n (porosidad del sustrato, en porcentaje expresado en forma de fracción).

La relación largo-ancho del humedal tiene una gran influencia en el régimen hidráulico y en la resistencia al flujo del agua; es recomendable usar la relación 3:1.

Para humedales que funcionaran como tratamiento secundario la condición es que el caudal de aplicación sea mayor al caudal de infiltración y la fórmula del caudal de infiltración se reduce a:

$$Q_i = A_s * K_s * 3600$$

Donde,

Q_i (caudal de infiltración, en m³/h), A_s (área superficial, en m²) y K_s (conductividad hidráulica).

Tiempo de residencia hidráulico

El tiempo de residencia hidráulico se define como:

$$T_{RH} = \frac{n * L * W * d}{Q}$$

Dónde:

n (porosidad efectiva del medio), d (profundidad promedio del líquido en el lecho, en m), L (longitud del lecho, en m), W (ancho del lecho, en m) y Q (caudal promedio a través del lecho, en m³/d).

Profundidad

Se recomienda usar un sustrato con una profundidad entre 70cm y 90cm, puesto

que puede proporcionar una nitrificación adecuada, además de favorecer la remoción de contaminantes orgánicos.

Área transversal del lecho

En los humedales subsuperficiales el área de la sección transversal se calcula mediante la expresión:

$$A_v = \frac{Q}{K_s * S}$$

Dónde:

Q (caudal promedio a través del lecho, en m^3/d), K_s (conductividad hidráulica) y S (pendiente del fondo del humedal)

Selección del lecho filtrante

En la tabla siguiente se muestra las principales características de los sustratos empleados para el diseño y construcción de humedales verticales y horizontales.

Tipo de material	Tamaño efectivo d_{10} (mm)	Conductividad hidráulica, K_s ($m^3/m^2/d$)
Arena gruesa	2	100-1000
Arena gravosa	8	500-5000
Grava fina	16	1000-10000
Grava media	32	10000-50000
Roca gruesa	128	50000-250000

Gradiente del lecho

En teoría, el gradiente inferior debe coincidir con el gradiente del nivel hídrico, se recomienda que sea de 0,5% a 1% para facilitar tanto la construcción como el drenaje correcto.

Sellado del lecho

En base a su disponibilidad y rentabilidad, se pueden seleccionar membranas impermeabilizantes.

RESULTADOS

Los valores obtenidos de diferentes análisis físico-químicos, se establece que el agua a ser tratada presenta un grado de contaminación de media/fuerte, es así que se debe tener muy en cuenta los criterios de diseño para disminuir la contaminación orgánica en especial sólidos suspendidos. En base a los cálculos se considera una población futura de 697 personas y un

caudal medio de 0,8 litros por segundo y un máximo de 3 litros por segundo.

Los parámetros críticos de calidad del agua residual para fines de diseño son la temperatura, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, sólidos volátiles, demanda bioquímica de oxígeno, fosforo y nitrógeno.

Para la rejilla de desbaste manual se considera un área útil de 0,65 m^2 , por la cual circulará el influente en su primera instancia; se contempla una pérdida de carga de 0,012 m.

Se diseñará la rejilla con una longitud de 0,71 m y un ancho de 1,2 m, estará conformada por 22 barrotes de forma circular con un diámetro de 12 mm cada uno, con un espacio entre sí de 4 cm y con ángulo de inclinación de 45 grados respecto a la horizontal.

El sistema de rejillas se ubicará en la entrada del tanque separador de agua-aceite. Además la rejilla permitirá una velocidad de paso de 0,8 m/s, velocidad adecuada que no promoverá la sedimentación en el canal y no generará arrastre de sólidos ya retenidos por los barrotes.

Para el diseño del sedimentador se establece un caudal medio de 69,12 $m^3/día$, soportando así una carga superficial de 6 $m^3/m^2/día$. El sedimentador primario se diseña para remover partículas suspendidas inferiores a 0,2 mm y superiores a 0,05 mm. Se considera una velocidad real de sedimentación igual a 0,67 cm/s, la velocidad horizontal de 3,1 cm/s y la velocidad de arrastre es 23cm/s. El tanque sedimentador tendrá un volumen efectivo de 17,28 m^3 , considerando que las dimensiones efectivas, tales como la altura igual a 1,5 m, ancho de 1,7 m y una longitud de 6,8 m se encuentran acordes a las relaciones matemáticas y a criterios de diseño presentados por OPS/CEPIS (2005). Para facilitar el deslizamiento y

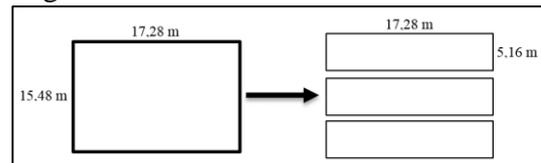
posterior retiro del sedimento, el fondo de la unidad cuenta con una pendiente de 6%. El tiempo de retención hidráulico es de 6 horas. La pantalla difusora contiene 16 orificios de 2,5 cm de diámetro cada uno, mismos que están diseñados y distribuidos de manera que generen un flujo pistón en todo el tanque a una velocidad de 0,10 m/s. La pantalla tendrá una altura efectiva de 90 cm, es decir que, en relación a la altura del sedimentador la primera fila de orificios iniciará 30 cm por debajo del límite superior y la última fila finalizará 30cm por encima del nivel inferior, la distancia entre filas será de 22,5 cm y entre columnas de 51,3 cm, además los orificios deben ser aboquillados en un ángulo de 15° en el sentido del flujo. La ubicación de la pantalla difusora será de 0,7 m de distancia de la pared de entrada, distancia que se debe sumar a los 6,8 m de longitud efectiva del sedimentador. Desde el nivel superior del agua se considera una distancia igual a 50 cm como margen de seguridad. El sedimentador primario tendrá una eficiencia de remoción de DBO igual a 43,48% y 65,57% de eficiencia en remoción de SST.

El diseño del biodigestor anaeróbico se calculó a partir de la cantidad de sólidos volátiles presentes en el agua residual, que representan 11,39 Kg/día y del potencial de producción de metano a partir de lodo residual primario. El biodigestor cuenta con un volumen total y efectivo de 13,28m³, distribuidos de manera que, 3,32 m³ son para el almacenamiento de biogás y la diferencia es para colocación de la materia a degradar.

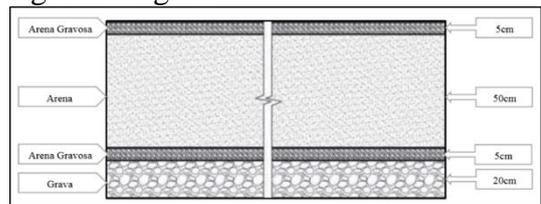
El diseño del humedal de flujo subsuperficial se basa en el tipo de vegetación y en la profundidad efectiva de 0,80 m, criterios recomendados para favorecer la adecuada disminución del DBO, SST y los nutrientes que contiene el agua residual a ser tratada. Se contempla un sustrato conformado por gravas y arena. El área superficial del humedal

contempla un valor igual a 267,48 m² y por consiguiente un volumen efectivo de 213,96m³. La longitud del humedal será de 15,48 m y el ancho de 17,28 m, con un tiempo de retención hidráulico de 24 horas.

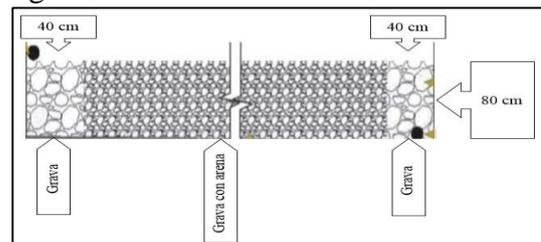
Considerando el criterio de diseño establecido por Crites, Middlebrooks, & Reed (2006), el humedal será dividido en 3 unidades las cuales tendrán una relación largo-ancho de: 3:1.



Los humedales se impermeabilizarán a través de una Geomembrana de polietileno de 0,75mm. El sustrato utilizado para el diseño del humedal de flujo vertical se distribuye en la cubeta como indica la siguiente figura



El sustrato utilizado para el diseño del humedal de flujo horizontal se distribuye en la cubeta como indica la siguiente figura.7



Los humedales FH pueden eliminar de forma efectiva los contaminantes orgánicos (SST, DBO5 y DQO) de las aguas residuales. Debido a la poca transferencia de oxígeno en el interior del humedal, la remoción de nutrientes (especialmente el nitrógeno) es limitada, sin embargo, los humedales FV eliminan los nitratos existentes en las aguas residuales.

Presupuesto de implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales

El presupuesto referencial para implementar el sistema de tratamiento de aguas residuales en el estadio UTN es de: **79065,07** USD (setenta y nueve mil sesenta y cinco dólares con siete centavos), precio que incluye IVA y está sujeto al plan anual de contratación respectivo.

CONCLUSIONES

- El estado de contaminación del agua residual a ser tratada presenta un grado de contaminación media/fuerte, donde todos los parámetros analizados a excepción de nitritos y nitratos se encuentran sobre los valores permitidos en el TULSMA.
- Los parámetros de calidad de agua residual con mayor incidencia en el diseño del sistema de tratamiento concurren en: temperatura, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, sólidos volátiles, demanda bioquímica de oxígeno y nutrientes (fósforo y nitrógeno).
- Con fines de reutilizar el agua residual en sistemas de riego, se adoptó utilizar los humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical y horizontal, haciendo de estos un sistema híbrido y que debido a sus respectivas ventajas en la eliminación de los principales contaminantes del agua, hace de estos un sistema eficiente y viable al medio donde se instalarán.
- El sistema básico que conforma el tratamiento de las aguas residuales está constituido por: alcantarillado de recolección de aguas residuales, tanque regulador de caudal que incluye la rejilla de desbaste manual así como una trampa de grasas, sedimentador primario, biodigestor anaeróbico de lodos, lámpara de desinfección con luz UV y humedales

artificiales de flujo subsuperficial vertical y horizontal.

- El sistema de tratamiento seleccionado se diseñó bajo estrictos criterios de diseño y de utilidad en la investigación formativa, siendo así que, cumple con todos los requerimientos ambientales y de obra civil; posibilitando así generar una calidad de agua ajustada con la normativa ambiental vigente.

RECOMENDACIONES

- Tratar y recuperar las aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales de flujo subsuperficial para uso de regadío o simplemente para ser descargados en un cuerpo de agua.
- Fomentar la investigación en humedales artificiales a fin de promover nuevos modelos matemáticos acordes a los recursos naturales, biotecnología y energías renovables, presentes en varias regiones del país y que pueden ser replicadas a condiciones locales, analizando así sus comportamientos con otros factores involucrados, que conjuntamente con la temperatura pueden llegar a variar las eficiencias.
- Difundir la tecnología de humedales artificiales sobre todo en zonas rurales, donde debido a no tener acceso al alcantarillado las aguas residuales son vertidas directamente a fuentes de agua dulce o en su defecto en pozos cerrados que, debido a la infiltración contaminan el suelo y posteriormente las redes hídricas.
- Llevar a cabo experiencias en el laboratorio con otros tipos de plantas y microcosmos, utilizando diferentes concentraciones de contaminantes a fin de evaluar y cuantificar su capacidad depuradora y determinar la existencia de plantas óptimas.

RESUMEN

El estadio UTN se encuentra en el perímetro urbano de la ciudad de Ibarra, sector que presenta déficit en

precipitaciones anuales como en agua de riego, según la metodología de Holdridge, la zona de vida donde se encuentra el estadio corresponde a bosque seco montano bajo (bsMB) con asociación edáfica seca (AES). En virtud a información proporcionada por el departamento de construcciones y mantenimiento de la UTN, se necesitan aproximadamente 50 m³ diarios de agua para regar el gramado del estadio y plantas ornamentales, siendo mayor la demanda en época seca correspondiente al periodo de julio a septiembre. La planta de tratamiento de aguas residuales se implementará como fuente alternativa de abastecimiento de agua para mantenimiento de áreas verdes, precautelando así los recursos económicos, sociales, ambientales y culturales, enmarcados en el proyecto universidad sustentable y en el cumplimiento de la normativa ambiental. El sistema piloto se presenta como medio de aprendizaje para fortalecer así la investigación formativa y el desarrollo de nuevas eco-tecnologías en el saneamiento ambiental. El proceso para el diseño coexistió en caracterizar el grado de contaminación del agua residual a ser tratada y se determinó un grado de contaminación orgánico medio/alto, es así que los parámetros de calidad de agua residual con mayor incidencia en el diseño del sistema de tratamiento concurren en: temperatura, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, sólidos volátiles, demanda bioquímica de oxígeno y nutrientes (fósforo y nitrógeno). Las unidades de tratamiento corresponden a criterios acordes con el pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, desinfección y posterior uso del efluente tratado. Al pre-tratamiento corresponde un sistema de rejillas y una trampa de grasas, el tratamiento primario se establece mediante un sedimentador y biodigestores anaeróbico de lodos, como tratamiento secundario se emplea humedales artificiales de flujo

subsuperficial vertical y horizontal, en estos sistemas naturales híbridos, se trata de aprovechar las ventajas de cada uno de los humedales con el fin de obtener el mayor rendimiento posible, la combinación de estos dos tipos de humedales se obtienen buenos rendimientos en la eliminación de DBO, SST, fósforo, nitrógeno metales pesados y patógenos, para la desinfección se utilizara una lámpara de luz UV. En el lugar a implementarse existen condiciones topográficas favorables, espacio necesario y condiciones visuales adecuadas.

ABSTRACT

UTN stadium is located in the urban perimeter of the city of Ibarra, sector which has low annual rainfall and water volume that could be utilized for irrigation, the area corresponds to low-mountain dry forest (bsMB) associated with dry soil (AES) category. According to the information of UTN Construction and Maintenance Department for the irrigation of the pitch and green areas approximately 50 m³ per day of water is needed. An optimal alternative for the water scarcity would be wastewater reuse for irrigation by treating the area wastewater on site at the stadium. This treatment system will have positive impact on economic, social, environmental and cultural resources, therefore supports the environmental regulations stated by UTN to achieve sustainability. The pilot system can be a mean of learning to strengthen the formative research and the development of new eco-technologies in sanitation. The process to design is based on characterizing the degree of pollution of wastewater which is medium/high, so the quality parameters of residual water with great importance in design were determined such as: temperature, suspended solids, volatile solids, settleable solids, biochemical demand of oxygen and nutrients (phosphorus and nitrogen). Treatment steps consist pre-treatment, primary treatment, secondary treatment, disinfection and reuse of the

treated effluent. Pre-treatment contains grids and a grease trap, the primary treatment is a sedimentation tank, secondary treatment is a combined horizontal and vertical subsurface flow wetland, these hybrid natural systems uses the advantages of each type of the wetland in order to obtain the best possible performance in BOD, TSS, phosphorus, nitrogen removing and heavy metals removal. The primary sludge generated from the sedimentation tank will be anaerobically stabilized and further used as fertilizer at the green areas of the university. Pathogens will be eliminated by disinfection using UV light lamp. For the implementation of the project all topographical, space and visual aspects are provided.

BIBLIOGRAFÍA

- Arellano, J., & Guzmán, J. (2011). *Ingeniería ambiental*. México: Alfaomega.
- Baruth, E. (2005). *Water treatment plant design*. United States of America: McGraw-Hill.
- Cheremisinoff, N. (2002). *Handbook of water and wastewater treatment technologies*. United States of America: Butterworth Heinemann.
- Crites, R., Middlebrooks, J., & Reed, S. (2006). *Natural wastewater treatment systems*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Davis, M. (2010). *Water and wastewater engineering: Design principal and practice*. United States of America: McGraw-Hill.
- Drinan, J. (2001). *Water and wastewater treatment: A guide for the nonengineering professional*. United States of America: CRC Press LLC.
- Ferrer, J., & Seco, A. (2008). *Tratamientos biológicos de aguas residuales*. México: Alfaomega.
- García, J., & Corzo, A. (2008). *Depuración con humedales construidos "Guía práctica de diseño, construcción y exploración de sistemas de humedales de flujo subsuperficial"*. España: Universidad de Catalunya.
- Headley, T., & Tanner, C. (2006). *Application of floating wetlands for enhanced*. Auckland: NIWA.
- Lozano-Rivas, W. (2012). *Material de clase para las asignaturas de tratamiento de aguas residuales*. Bogotá: Diponibles en <http://wlozano.blogspot.com>.
- Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*. España: McGraw-Hill.
- Nemerow, N., Agardy, F., Sullivan, P., & Salvato, J. (2009). *Environmental engineering: Water, wastewater, soil and groundwater treatment and remediation*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- OPS/CEPIS. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima.
- Russell, D. (2006). *Practical wastewater treatment*. United States of America: John Wiley & Sons.
- Sánchez, S. (2003). *Energías Renovables*. Quito: WWF-Fundación Natura.
- Spellman, F. (2003). *Handbook of water & wastewater treatment plant operations*. Florida: CRC Press LLC.
- Stefanakis, A., Akrotos, C., & Tsihrintzis, V. (2014). *Vertical flow constructed wetlands "Eco-engineering systems for wastewater and sludge treatment"*. China: ELSEVIER.
- Szilveszter, S. (2014). *Curso: Tratamiento biológico de aguas residuales*. Ibarra.
- Vitorio, A., Von Sperling, M., & Fernandes, F. (2007). *Biological Wastewater Treatment Series "Sludge Treatment"*. London: IWA.
- Von Muench, E. (2011). *Technology Review of Constructed Wetlands*

"Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment". Eschborn: GIZ.

Vymazal, J. (2010). *Water and nutrient management in natural and constructed wetlands*. London: Springer.

Vymazal, J., & Kröpfelová, L. (2007). *Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow*. Czech Republic: Springer.



Ing. Jorge Granja R
Director de Tesis



Willam Hernán Villarreal Rosales
Autor