

Apoyo técnico a la empresa Transform Ecoskandia S.A.S enfocado a los sistemas de tratamiento de aguas residuales con la tecnología de Láminas Filtrantes®.

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental

Camilo Andrés Baquero Pérez

Asesor:

Jorge Andrés Vélez Toro

Ingeniero Sanitario

Corporación Universitaria Lasallista

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Ambiental

Caldas- Antioquia

2015

Tabla de Contenido

Introducción.....	7
Objetivos.....	8
Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos.....	8
Justificación.....	9
Información General.....	10
Descripción general de la empresa.....	10
Información de los recursos naturales.....	11
Destino del recurso hídrico en la construcción y mantenimientos.....	11
Destino de los residuos sólidos (escombros, saldos de obra).....	12
Misión, Valores, Política de Calidad.....	13
Misión.....	13
Valores Corporativos.....	13
Política de Calidad.....	14
Actividad Económica.....	15

Sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante LF.....	16
Mantenimiento Preventivo.....	21
Mantenimiento Correctivo.....	26
Supervisión de la Construcción.....	33
Manual de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas Comfama parque arví.....	41
Programa de mantenimiento.....	41
Operación de los sistemas de tratamiento.....	45
Control de caudal.....	45
Filtro de entrada (Sistema de flujo Horizontal).....	45
Tubería (Sistema de flujo Horizontal).....	45
Control del material vegetal.....	46
Deterioro en el lixiviado.....	47
Posibles inconvenientes con la PTARD LF.....	47
Calculo de Costos Operativos y de Mantenimiento Preventivo PTAR LF Comfama Parque Arví.....	49
Referencias.....	50

Lista de Figuras

Figura 1 Fotografía aérea.....	10
Figura 2 PTAR LF Recién Sembrada.....	11
Figura 3 PTAR LF Madura.....	11
Figura 4 diagrama sistema LF flujo horizontal.....	18
Figura 5 retiro tubería de distribución.....	22
Figura 6 nivelación de la biomasa.....	22
Figura 7 siembra material vegetal.....	23
Figura 8 instalación tubería de distribución.....	23
Figura 9 limpieza filtro de grava entrada.....	24
Figura 10 filtro de entrada a nivel de la tubería de distribución.....	28
Figura 11 filtro de entrada desocupado.....	28
Figura 12 tubería de distribución retirada.....	28
Figura 13 Poda general.....	29
Figura 14 siembra de material vegetal.....	29
Figura 15 sedimentador recién evacuado.....	30
Figura 16 residuos sacados de la caja de bombeo.....	31
Figura 17 llenado del filtro de entrada	31
Figura 18 PTARD LF operando.....	32
Figura 19 localización y replanteo.....	35
Figura 20 tronco atravesado en la zona de excavación.....	36
Figura 21 excavación.....	36

Figura 22 excavación y piso.....	37
Figura 23 muros y taludes salida PTARD LF.....	37
Figura 24 geomembrana instalada.....	38
Figura 24 tubería de salida y llenado interno.....	38
Figura 26 tubería de entrada y llenado interno.....	39
Figura 27 cama de heno.....	39
Figura 28 siembra del material vegetal.....	39
Figura 29 tubería desde el pozo séptico actual a la PTARD LF.....	39
Figura 30 PTARD LF terminada.....	40
Figura 31 PTARD LF operando.....	41
Figura 32:Plano PTARD LF Comfama Parque Arví.....	41

Lista de Tablas

Tabla 1 resumen actividades mantenimiento preventivo.....	25
Tabla 2 resumen actividades mantenimiento correctivo.....	33
Tabla 3 Control de construcción y arranque PTAR LF (3 m ³ /día).....	42
Tabla 4 generalidades del sistema PTARD LF Comfama.....	43
Tabla 5 labores y frecuencias del mantenimiento preventivo.....	43

Introducción

La empresa TRANSFORM ECOSKANDIA S.A.S hace parte del grupo internacional SCANDROOTS, es una empresa autorizada para la construcción y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales mediante la tecnología de LÁMINAS FILTRANTES®. Esta tecnología llegó a Colombia desde el año de 1992 y actualmente tiene una amplia experiencia en sistemas construidos y operando para tratar aguas residuales domésticas e industriales. TRANSFORM ECOSKANDIA S.A.S ofrece una alternativa eficiente y amigable con el medio ambiente para tratar las aguas residuales, por ser una tecnología biológica y con porcentajes de remoción mayores al 90% en DBO, DQO, SST, Grasas y Aceites, adicional los sistemas permiten reducir Nitrógeno y Fosforo.

La tecnología tiene costos de operación y mantenimiento preventivo bajos, además de eficiencias altas, dando así cumplimiento a las normas nacionales vigentes sobre vertimientos de aguas residuales; Decreto 1594/1984 y Decreto 3930/2010 o cualquiera de las resoluciones o documentos emitidos por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR's) que los modifique en uno o más de sus artículos.

Objetivos

Objetivo General

Ofrecer el apoyo técnico a la empresa TRANSFORM ECOSKANDIA S.A.S especialmente a los sistemas de tratamiento de agua residual con tecnología Láminas Filtrantes® (LF).

Objetivos Específicos

- Realizar un mantenimiento preventivo a un sistema de LF.
- Diagnosticar las obras a realizar en un mantenimiento correctivo a un sistema de LF.
- Supervisar la construcción y organizar un manual de operación y mantenimiento preventivo a un sistema de LF para tratar agua residual doméstica.
- Cálculo de la frecuencia, costos de la operación y el mantenimiento preventivo a un sistema de LF para agua residual doméstica por cada m² construido.

Justificación

Poner a disposición de la empresa TRANSFORM ECOSKANDIA S.A.S el conocimiento adquirido en la Corporación Universitaria Lasallista sobre sistemas de tratamiento de aguas residuales especialmente en esta tecnología que incluye procesos biológicos, brindando análisis y diagnósticos técnicos para ejecutar labores necesarias en la construcción, mantenimientos preventivos y correctivos de los sistemas de LF.

Realizar la supervisión en la construcción, estabilización y puesta en marcha de un sistema de tratamiento para aguas residuales domésticas en el Comfama del Parque Arví con una capacidad para 3 m³/día y un área a construir de sistema de tratamiento de 18 m² con una profundidad aproximada de 1,2 metros y una eficiencia de remoción mayor al 90% en DBO, DQO, SST y Grasas y Aceites con el fin de entender mejor los procedimientos de los mantenimientos preventivos y funcionamiento de los sistemas de LF.

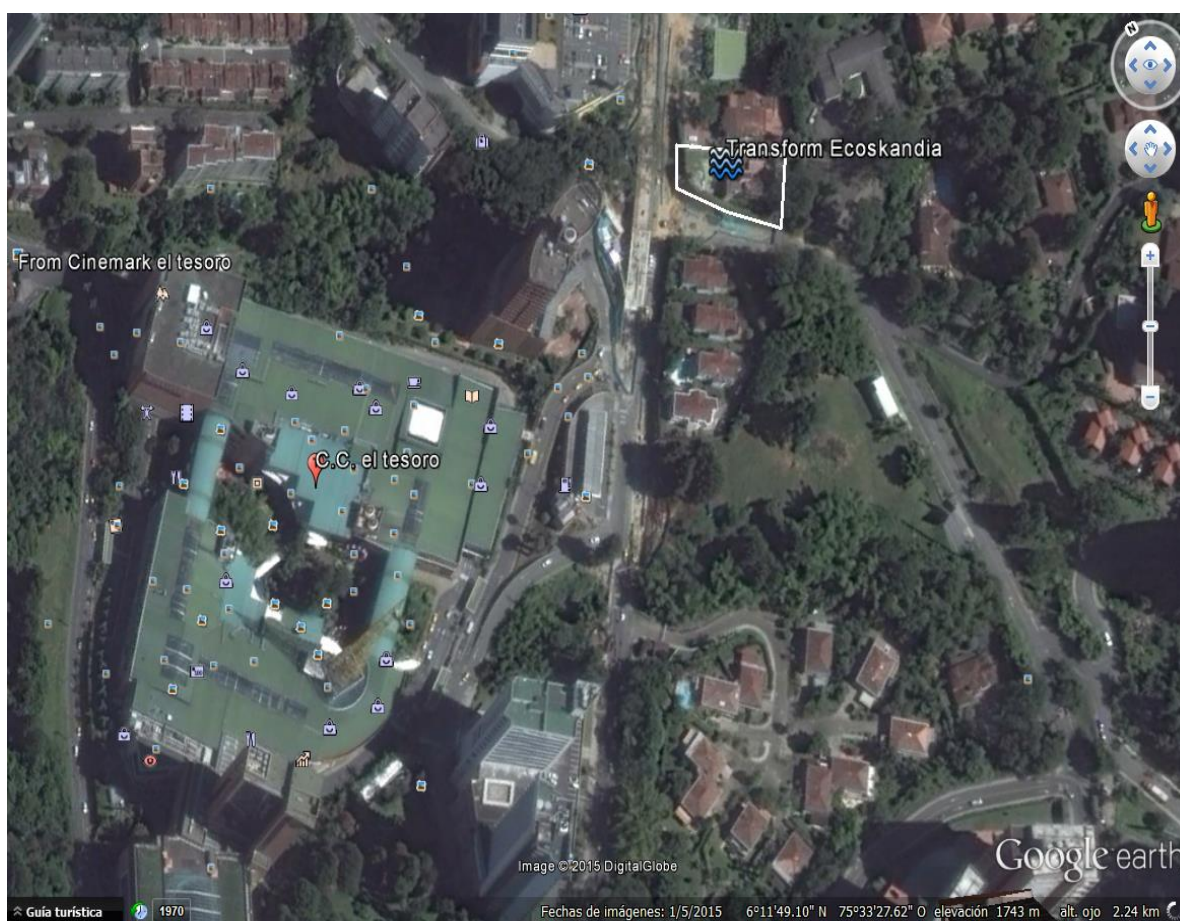
Este trabajo de grado tiene gran importancia ya que de los resultados a los cuales se quiere llegar respecto a una optimización en las labores de los mantenimientos preventivos servirá a la empresa para aumentar el margen de utilidad en los contratos de mantenimientos preventivos a sistemas de agua residual doméstica y prevenir que el cliente tenga que incurrir en un mantenimiento correctivo lo que se resume en mayores ventajas de la tecnología de LF.

Información General

Descripción general de la empresa

La empresa TRANSFORM ECOSKANDIA S.A.S identificada con el NIT 832004086-1, está dedicada a la construcción y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de agua residual doméstica e industrial con tecnología de Láminas Filtrantes®, la empresa se encuentra ubicada en la calle 2ª # 20 – 48 interior 104 Sector el tesoro – Medellín (Ver figura 1)

Figura 1: Fotografía aérea



Fuente: Google Earth, 2015

Información de los recursos naturales

Destino del recurso hídrico en la construcción y mantenimientos

La fuente de consumo de agua solicitada por la empresa TRANSFORM ECOSKANDIA S.A.S al cliente cuando se construyen o se realizan mantenimientos a los sistemas de tratamiento de agua residual preferiblemente debe ser del acueducto ya que se requiere primero que todo para el consumo de los trabajadores en la obra (3 litros/trabajador-día), segundo para lavar la grava de los filtros (10 litros/m³ de grava), tercero cuando se termina la construcción se debe regar el material vegetal sembrado en el sistema durante los primeros tres meses (aproximadamente 5 litros/m²-día) esto con el fin de ayudar al crecimiento y adaptación del material vegetal mientras sus raíces crecen y se profundizan. (Ver figuras 2 y 3)

Figura 2: PTAR LF Recién

Sembrado



Figura 3: PTAR LF Maduro



Destino de los residuos sólidos (escombros, saldos de obra)

TRANSFORM ECOSKANDIA S.A.S por ser una empresa comprometida con el medio ambiente busca que en sus construcciones se pueda re usar todo el material del suelo excavado en la conformación de los muros y taludes con el fin de no tener que llevar a disponer los excedentes de obra, lo que implicaría mayores gastos constructivos más los impactos negativos al medio ambiente y en los casos que por obligación se debe llevar a disponer los saldos de obra se realiza debidamente mediante la Ley 1259/2008.

Misión, Valores, Política de Calidad

Misión

Somos una empresa que brinda soluciones novedosas en el manejo integral del agua, como: potabilización, filtración, purificación y tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales. A través del diseño, construcción y operación de plantas y equipos con tecnologías limpias; que aseguran el cumplimiento legal ambiental al que están obligadas las organizaciones; a la vez que estamos totalmente comprometidos con la responsabilidad social empresarial.

Valores Corporativos

TRANSFORM ECOSKANDIA S.A.S definió dentro de su código de buen gobierno, mantener como soportes de la actividad empresarial y ambiental, los siguientes valores:

- LA HONESTIDAD
- LA RESPONSABILIDAD
- LA CONFIABILIDAD
- LA IDONEIDAD
- LA INVESTIGACIÓN
- EL RESPETO

Política de Calidad

TRANSFORM ECOSKANDIA S.A.S se compromete a desarrollar su actividad constructiva y operativa de plantas de tratamiento de agua y equipos, dentro de los más altos niveles de calidad, al utilizar elementos requeridos en el proceso constructivo con los estándares que garanticen el buen desempeño de la actividad para la cual se trabaja; manteniéndose siempre dentro de la responsabilidad social empresarial, los valores corporativos y el cumplimiento de los pautas adecuadas de cada proceso.

Actividad Económica

La actividad principal de la empresa es la construcción de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales con la tecnología de Láminas Filtrantes®, sin embargo también ofrece la prestación de servicio de mantenimientos preventivos y correctivos a los mismos sistemas.

Tratamiento de aguas residuales mediante ingeniería biológica

Los humedales se definen según la convención Ramsar (1971) como:

“...son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros...”

En un humedal se presentan procesos físicos, químicos y biológicos que interactúan entre sí y pueden variar con el tiempo y el espacio, trayendo consigo cambios en los flujos de materia y energía entre sus componentes, por lo tanto para su estudio se deben tener en cuenta factores hidrológicos, hidráulicos y de aporte de nutrientes.

La tecnología de LF puede remover la carga orgánica del agua residual expresada como DBO, DQO, SST y GRASAS Y ACEITES; adicional el sistema permite reducir Nitrógeno y Fósforo, lo que garantiza el cumplimiento de las nuevas normas de vertimiento (decreto 3930 de 2010, decreto 1594 de 1984).

El sistema tiene eficiencias de remoción mayores al 90% y en algunos casos hemos encontrado remociones del 98% y 99% en DBO, DQO Y SST.

Los sistemas con tecnología de LF tienen unos costos de operación y mantenimiento preventivo bajos.

La tecnología de LF, traída a Colombia por la firma Scandroots International Group, tiene como principal objetivo la de utilizar la capacidad que tiene la naturaleza para su auto limpieza y para remover todos los contaminantes existentes en las aguas residuales. Esta tecnología fue descubierta en los años cincuenta y desarrollada especialmente en Alemania. Durante los últimos 20 años ha dado resultados, tanto a nivel de agua doméstica (sanitarios, lavaderos, duchas, etc.) como a nivel de aguas residuales industriales. Se han construido plantas en Dinamarca, Suecia, Polonia, Alemania, Francia, Suramérica, Australia, India, Omán.

Puede integrarse al paisaje natural pues es un filtro natural en donde el agua residual pasa horizontal o verticalmente por el sistema, utilizando todas las bacterias necesarias para su descontaminación y reducción de los contaminantes, es por esta razón que el agua una vez que pasa por los diferentes filtros de biomasa puede ser reutilizada en actividades de agricultura, pues si se desea se puede regular los valores necesarios de nitrógeno y fósforo. También puede ser reutilizada en labores de limpieza de calles, Jardinería, etc. En el sistema, se sucede una evapotranspiración que normalmente llega del 20 al 30% del volumen total de agua de entrada.

Este sistema no produce malos olores por ser un sistema cerrado. Para asegurar que el agua no pasa por encima de la planta de tratamiento, con riesgo de producción de olores, el sistema para aguas residuales

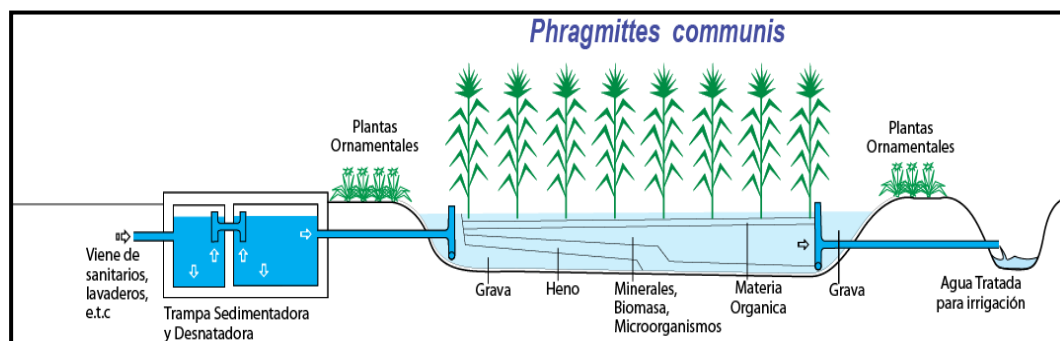
domésticas está diseñado con un buffer de seguridad, para controlar el flujo de agua y evitar las inundaciones en el mismo.

Este sistema para aguas residuales domésticas está compuesto de un tanque sedimentador con el objeto de decantar los sólidos y atrapar grasas, luego pasa a lo largo de una piscina de en promedio 1,5 m de profundidad cuyo fondo es recubierto con una membrana de polietileno de alta densidad para evitar la contaminación del subsuelo. En la piscina se instalan capas de diferente composición con funciones determinadas en la filtración del agua: gravilla como un primer filtro biológico; heno para aumentar la capilaridad; biomasa que incluye entre otros, humus y cascarilla de arroz para favorecer la descomposición orgánica; tierra negra mezclada con algunos minerales (Las proporciones de estos minerales dependen del tipo de agua residual).

Sobre estas capas se siembran plantas (*Phragmites Communis*) cuyas raíces han sido previamente tratadas con cultivos de bacterias aeróbicas y anaeróbicas. Las aeróbicas sobreviven gracias a la propiedad de esta planta de liberar grandes volúmenes de oxígeno hacia sus raíces. Ambos tipos de bacteria digieren una gran cantidad de residuos del agua. El agua es recogida por tubería al final de la piscina y puede ser reutilizada, por ejemplo, para jardinería, llenado de lagos, lavado de calles, y el sistema LF puede ser decorado con plantas ornamentales, no requiere adición de químicos. Por ser proceso natural su duración es ilimitada, parte del mantenimiento consiste en extraer los lodos del tanque sedimentador una

vez por año y disponerlos como abonos en el área de la biomasa, a continuación se observa un sistema de LF típico de flujo horizontal (Ver figura 4).

Figura 4: corte sistema flujo horizontal LF®



Fuente: Transform Ecoskandia S.A.S

El principio de esta tecnología consiste en activar la capacidad de los procesos microbiológicos que estimulan la separación de los componentes contaminantes en situaciones específicas de aguas residuales. Esto es posible gracias a las características especiales de las plantas de los humedales tales como cañas y juncos que transfieren sustanciales cantidades de oxígeno atmosférico a través de su sistema de raíces, promoviendo una extraordinaria cantidad y diversidad de especies de microorganismos que prosperan en el suelo alrededor de sus raíces.

El sistema de tratamiento con las plantas es autosuficiente con un ecosistema artificial de plantas de humedales. Utilizando combinaciones particulares de plantas, suelos y sistemas hidráulicos de flujo para optimizar los procesos químicos y microbiológicos presentes en la zona de raíces. La separación de los contaminantes y el tratamiento de aguas

residuales contaminadas se logran a través de filtración controlada de los afluentes contaminados a través de la zona de raíces de las plantas, estos microorganismos nativos o inoculados (bacterias y hongos) metabolizan los contaminantes que se encuentran en el afluente convirtiéndolos en productos finales inocuos. En este proceso, los contaminantes son bio-transformados porque generalmente los microorganismos pueden utilizarlos para su propio crecimiento como fuente de carbono y energía, en algunos casos que no sean capaces de crecer a partir de ellos, pueden seguir transformándolos si se les aporta un sustrato de crecimiento alternativo o co-sustrato. (Transform Ecoskandia, 2014).

Mantenimiento Preventivo sistema de LF

Información general del cliente: empresa Saint Gobain

Municipio: Mosquera - Cundinamarca

Fecha: Octubre 2014

Tipo del sistema LF: Flujo vertical y horizontal

Tipo de agua residual: Industrial con fenoles

Caudal: 1,2 m³/día

Área total sistema de LF: 24 m²

Figuras: Fuente - Transform Ecoskandia S.A.S

Resumen

El mantenimiento preventivo fue presupuestado para realizarlo con dos operarios durante dos días, se inicia inspeccionando las cajas de entrada y salida del sistema para verificar el diagrama de flujo del agua residual y las condiciones generales de las instalaciones donde se encuentran los sistemas, se encontró que el módulo de flujo vertical tenía una densidad muy pobre de material vegetal y la biomasa estaba desnivelada lo que conllevó a que la tubería de distribución se encontrara desnivelada también y ocasionó que la distribución del caudal de entrada se realizara en un 40% de la superficie de biomasa únicamente, esto produce que la remoción de los contaminantes baje ya que el agua residual está pasando por menos área de la que fue construida según el diseño, por este motivo el tiempo de retención hidráulica del sistema se ve disminuido también, por eso lo primero que se instruyó a los operarios

fue: desconectar y retirar toda la tubería de entrada y limpiarla con el fin de poder luego descompactar la biomasa y nivelarla correctamente para volver a instalar la tubería de entrada.

Se evidenciaba que el material vegetal del módulo de flujo horizontal tenía gran cantidad de piojo (acaro) además las zonas del flujo vertical despobladas de material vegetal.

A continuación se describe detalladamente las actividades mencionadas del mantenimiento:

- Retiro de la tubería de distribución del módulo de flujo vertical para descompactar la biomasa, nivelarla nuevamente y llenar con biomasa nueva que se había dejado en lonas desde la reconstrucción de este módulo hace aproximadamente un año. (Ver Figuras 5 y 6).

Figura 5: retiro tubería de distribución



Figura 6: nivelación de la biomasa



- Poda general al material vegetal existente, la mayoría de esta poda fue realizada en el módulo de flujo horizontal ya que el vertical se encontraba muy despoblado.
- Resiembra de material vegetal en el módulo de flujo vertical en las zonas de la Biomasa donde se observó despoblado, se sembraron cuatro (4) phragmites por cada m^2 de biomasa en el flujo vertical. (Ver figura 7).

Figura 7: siembra material vegetal



- Instalación de la tubería de distribución en el módulo de flujo vertical nuevamente y nivelada buscando repartir el agua residual de entrada por toda el área disponible (Ver figura 8).

Figura 8: instalación tubería de distribución



- Limpieza de las tuberías internas del sistema, por medio del “ratoneo”, no se halló mayores taponamientos en el interior de las tuberías.
- Las cajas de salida del sistema no presentaron ninguna anomalía, se observó libre de residuos.
- Retiro parcial y lavado del filtro de entrada en el módulo de flujo horizontal ya se encontraba un poco sucio debido a que cercano al módulo hay un árbol el cual deja caer al filtro de entrada gran cantidad de hojas secas que se descomponen, lo cual va taponando la entrada del sistema. (Ver figura 9).

Figura 9: limpieza filtro de grava entrada



- Fumigación con plaguicida natural al material vegetal para minimizar el piojo (acaro).
- Se revisa la tasa de filtración, niveles hidráulicos internos del sistema y funcionamiento en general para verificar que las labores ejecutadas del mantenimiento se hallan ejecutado correctamente para hacer la entrega del sistema de tratamiento a satisfacción a la Ingeniera Johana García.

Tabla 1: Formato de actividades mantenimiento preventivo

PUNTOS DE CONTROL	ACTIVIDADES	SISTEMA PTARI
retiro parcial de grava		
filtro de entrada		✓
ratoneo de las tuberías		✓
nivelación de tuberías		✓
poda general		✓
resiembra de material		✓
vegetal		✓
limpieza de grava filtro de		✓
salida		✓
llenado de grava de		✓
entrada		✓
inspección de los niveles		✓
hidráulicos del sistema		✓

Mantenimiento Correctivo sistema LF

Información general del cliente: empresa Cacharrería Mundial S.A.S

Municipio: Rionegro - Antioquia

Fecha: Noviembre 2014

Tipo del sistema LF: flujo horizontal

Tipo de agua residual: doméstica

Caudal: 10 m³/día

Área: 72 m²

Figuras: Fuente – Transform Ecoskandia S.A.S

Resumen:

Primero se realizó la visita técnica solicitada por el cliente ya que el sistema estaba generando olores y el agua residual dentro del sistema se estaba pasando por encima de la biomasa, mostrando espejos de agua lo cual no debe estar pasando ya que los sistemas de flujo horizontal son sistemas de flujo sub-superficial, es decir, el agua residual va por debajo del lecho filtrante sin generar espejos de agua, al momento de inspeccionar la caja de bombeo y el sedimentador es evidente que los operarios de la empresa están arrojando por el sanitario objetos que no deberían llegar allí como: estopas, trapos, plásticos, toallas higiénicas, condones, pitillos, entre otros. El sedimentador se llenó de lodos más rápido de lo común por tanta basura arrojada por los sanitarios y esto sumado a una bomba graduada más alto de lo permitido, ya que antes del sedimentador existe una caja de bombeo, el caudal del agua residual al

sistema de LF entraba a una tasa mayor de la del diseño y por este motivo los lodos del sedimentador terminaron pasando al sistema de flujo horizontal colmatando el filtro de entrada hasta el punto que el agua ya no podía infiltrarse sino que pasaba por encima del sistema, lo que conlleva a recortar el tiempo de retención hidráulico y este a su vez disminuye las eficiencias de remoción del sistema.

Por lo anterior se procedió a organizar un presupuesto y un cronograma de trabajo para el mantenimiento correctivo del sistema y ofrecer los servicios al cliente donde el mismo aprobó el servicio y se realizó en una semana de trabajo con 3 operarios.

Como primer paso del mantenimiento fue la retirada del tubo para el control de inundaciones ubicado en la caja de salida, esto se hizo para evacuar el agua desde el filtro de entrada del sistema de LF hacia la caja de salida ya que el sistema se encontraba inundado y así no podríamos realizar las labores del mantenimiento.

Luego se instaló una bomba sumergible en la cámara tres del sedimentador con el fin de bombear el agua residual a un vector para poder iniciar con el mantenimiento correctivo.

Se encontró gran proliferación de hiervas invasivas lo que impide el buen desarrollo del material vegetal.

Se encontró zonas de la Biomasa despobladas posiblemente por la gran cantidad de hiervas invasivas allí alojadas.

El material del filtro de salida se encontró en buen estado, pero fue necesario hacer una limpieza de la grava, además de la limpieza de tuberías internas del sistema.

A continuación se describe detalladamente las actividades mencionadas del mantenimiento:

- Retiro del filtro de grava de entrada; al llegar al nivel de la tubería de distribución estaba saturado de lodo, lo que conllevó al retiro total del filtro de grava en la entrada del sistema para limpiar la grava con agua a presión e ingresarla, mejorando la filtración y distribución del agua residual en el sistema. (Ver figuras 10, 11).



- Retiro de la tubería de distribución con el fin de limpiarla completamente ya que se encontraba taponada de la cantidad de lodo. (Ver figura 12).

Figura 12: tubería de distribución retirada



- Poda general al material vegetal existente con retiro de la capa de hierbas invasivas en el área de la biomasa lo que impedía la reproducción del material vegetal (Ver figura 13).

Figura 13: Poda general



- Resiembra de material vegetal en las zonas de la Biomasa donde se observó despoblado del material vegetal (Ver Figura 18).

Figura 14: siembra de material vegetal



- Limpieza del filtro salida, donde se observó que el sistema no se mostraba invadido por maleza o material lodoso.

- Limpieza de las tuberías internas del sistema, por medio del “ratoneo”, no se halló mayores taponamientos en el interior de las tuberías.
- La caja de salida del sistema de LF no presentó ninguna anomalía, se observó libre de residuos.
- Retiro total mediante vactor el agua residual y del lodo en la estación de bombeo y en las tres cámaras del sedimentador ya que estas habían sobrepasado el nivel máximo de lodo permitido (30% del volumen), este lodo pasaba al sistema (Ver figura 15).

Figura 15: sedimentador recién evacuado



- Cuando se vació la caja de bombeo salieron pedazos de plástico, envolturas de comida, pitillos para mezclar el tinto, toallas higiénicas, papel higiénico, entre otros lo que puede conllevar a taponamientos en las tuberías y en el sistema de LF y el sedimentador (Ver figura 16).

Figura 16: residuos sacados de la caja de bombeo



- Se procedió a llenar el filtro de grava de entrada hasta la altura de la tubería de distribución para instalarla con el nivel correcto y seguir con el llenado de grava hasta el nivel de llenado del sistema de LF (Ver Figura 22).

Figura 17: llenado del filtro de entrada



- El día viernes 14 de noviembre de 2014 desde las 7:00 am se permitió que el agua residual empezara a entrar a la sistema de LF con el fin de inspeccionar los niveles hidráulicos de los piezómetros y evaluar si el sistema presentaba inundación en la entrada u obstrucciones en las tuberías de salida, el sistema mostro que empezó a trabajar correctamente para la satisfacción de ambas partes. (Ver figura 18).

Figura 18: PTARD LF operando



Fuente: Transform Ecoskandia, 2014

- Se revisa la tasa de filtración, niveles hidráulicos internos del sistema y funcionamiento en general para verificar que las labores ejecutadas del mantenimiento correctivo se hallan ejecutado correctamente para hacer la entrega del sistema de tratamiento al jefe de mantenimiento de Cacharrería Mundial S.A.S el señor Wilson Arena y se hace la recomendación de volver hacer capacitación al personal de la empresa para que no sigan arrojando los desechos al sanitario y así el sistema funcionara correctamente y necesitara del mantenimiento preventivo normal que se realiza dos o tres veces al año.

Tabla 2: formato de actividades del mantenimiento correctivo

PUNTOS DE CONTROL	ACTIVIDADES	SISTEMA PTARD
retiro de grava de entrada		✓
retiro de la tubería de entrada		✓
limpieza de tuberías		✓
poda general		✓
resiembra de material vegetal		✓
limpieza de grava de salida		✓ ◦
vaciado de caja de bombeo y sedimentador		✓
llenado de grava de entrada		✓
inspección de los niveles hidráulicos del sistema		✓

Supervisión de la Construcción PTAR LF COMFAMA

Información general del cliente: Comfama parque arví

Municipio: Santa Elena - Antioquia

Fecha: Diciembre 2014

Tipo del sistema LF: flujo horizontal

Tipo de agua residual: doméstica

Caudal: 3 m³/día

Área: 18 m²

Figuras: Fuente – Transform Ecoskandia S.A.S

Resumen:

Este proyecto surge de la necesidad de COMFAMA de construir un sistema de tratamiento que pueda pulir el efluente que sale de un pozo séptico integrado instalado hace unos años atrás, ya que para ese pulimiento COMFAMA contaba con un sistema de humedal convencional el cual colapso internamente y ya no podía tratar el caudal para el que fue diseñado por tal motivo el pozo integrado se rebosaba en horas pico del día donde entraban la mayor cantidad de usuarios a los baños generando este rebose y contaminación al suelo, subsuelo, malos olores, entre otros.

Por lo anterior la empresa TRANSFORM ECOSKANDIA S.A.S propuso un sistema eficiente, viable económicamente y amigable con el medio ambiente para tratar estas aguas residuales ya que el parque por encontrarse dentro de una reserva forestal

no puede hacer vertimientos directos a ningún cuerpo de agua sino que debe ser al suelo, pero con una calidad de agua en muy buenas condiciones.

Previo al inicio de los trabajos de construcción, el día 31 de octubre de 2014 la Ingeniera Laura Jaramillo en compañía de Camilo Baquero realizaron una visita a las instalaciones del COMFAMA Parque Arví con el fin de evaluar el área disponible para la construcción de la planta de tratamiento de agua residual con la tecnología de LF con capacidad para 3 m³/día.

Se inician las actividades de construcción el día martes 18 de noviembre de 2014 con el Señor Camilo Baquero a cargo de la obra y tres obreros (Carlos López, Robinson Giraldo y Guillermo Moreno).

La actividad inicial ejecutada el día 18 de diciembre de 2014 y según los planos de diseño fue la localización y replanteo del área a intervenir, se logró evidenciar que existe un desnivel en el terreno natural de aproximadamente un 20% tomados desde donde quedara el filtro de entrada del sistema hacia el filtro de salida del mismo (Ver figura 19).

Figura 19: localización y replanteo



Fuente: Transform Ecoskandia, 2014

Se dio inicio a la excavación del vaso donde se construirá el sistema, y nos encontramos con el tronco de un árbol que ya había sido cortado superficialmente previo a la construcción, se procedió a cortarlo ya que no había posibilidad de seguir excavando para sacarlo completo. Este tronco fue aprovechado como contención de uno de los muros laterales del sistema (Ver figura 20 y 21).

Figura 20: tronco atravesado en la zona de excavación



Figura 21: excavación



Después de realizar el levantamiento topográfico del terreno destinado para la construcción del sistema, se fijaron las cotas de las coronas de los taludes de tal forma que el agua que sale por rebose del pozo integrado existente pueda llegar por gravedad en tubería PVC sanitaria de 4" hacia el filtro de entrada del sistema de LF y para que el agua a tratada sea entregada al mismo nivel donde entregaba el humedal existente.

En vista de que el terreno natural tenía un desnivel, algunos taludes tuvieron que construirse con costales rellenos con material excavado en el sitio donde se forma un

bulto compactado para darle estabilidad al muro y para cumplir con las cotas de corona establecidas

Todo el material excavado fue aprovechado en los muros, taludes, anclajes (Ver figura 22).

Figura 22: muros y taludes



Con el fin de aprovechar todos los materiales, en el muro del filtro de salida se construyó un muro en gavión con piedra encontrada durante la excavación. (Ver figura 23).

Figura 23: muro y talud salida PTARD LF



Una vez concluida la excavación, los muros y el piso con su pendiente respectiva y mejoramiento del suelo para asegurar la capacidad portante, se procede

hacer la excavación para el anclaje de la geomembrana la cual impermeabiliza por completo el sistema evitando así las infiltraciones del agua residual al subsuelo contaminándolo, la geomembrana empleada fue PVC HR 750 (Ver figura 24).

Figura 24: geomembrana instalada



Se instala la tubería de salida en PVC sanitaria de 4" perforada con sus respectivos piezómetros a las esquinas los cuales nos ayudan a revisar el nivel de inundación dentro del sistema como también nos ayuda a nivelar las presiones de aire al interior del mismo (Ver figura 25).

Figura 25: tubería de salida y llenado interno



El llenado de cama de grava, cama de heno, filtros de grava de entrada y salida como también el llenado de la biomasa se hacen en simultáneo para poder controlar las medidas exactas de cada parte del sistema, pero cuando se llega al nivel de la

cama de grava se instala la tubería de entrada en PVC sanitaria de 4" perforada para poder seguir con el llenado del filtro de entrada y la cama de heno (Ver figuras 26 y 27).

Figura 26: tubería de entrada y llenado interno



Figura 27: cama de heno



Cuando se llega al nivel total de llenado se procede a sembrar el material vegetal que en este caso es la especie *Phragmites Comunis* (Ver figura 28).

Figura 28: siembra del material vegetal



Se instala la tubería de entrada desde el pozo integrado existente hasta el sistema de LF por medio de tubería PVC sanitaria de 4" (Ver figura 29).

Figura 29: tubería desde el pozo séptico actual a la PTARD LF



Se realizan obras complementarias y el día 19/12/2014 se da por terminada la construcción del sistema de tratamiento.

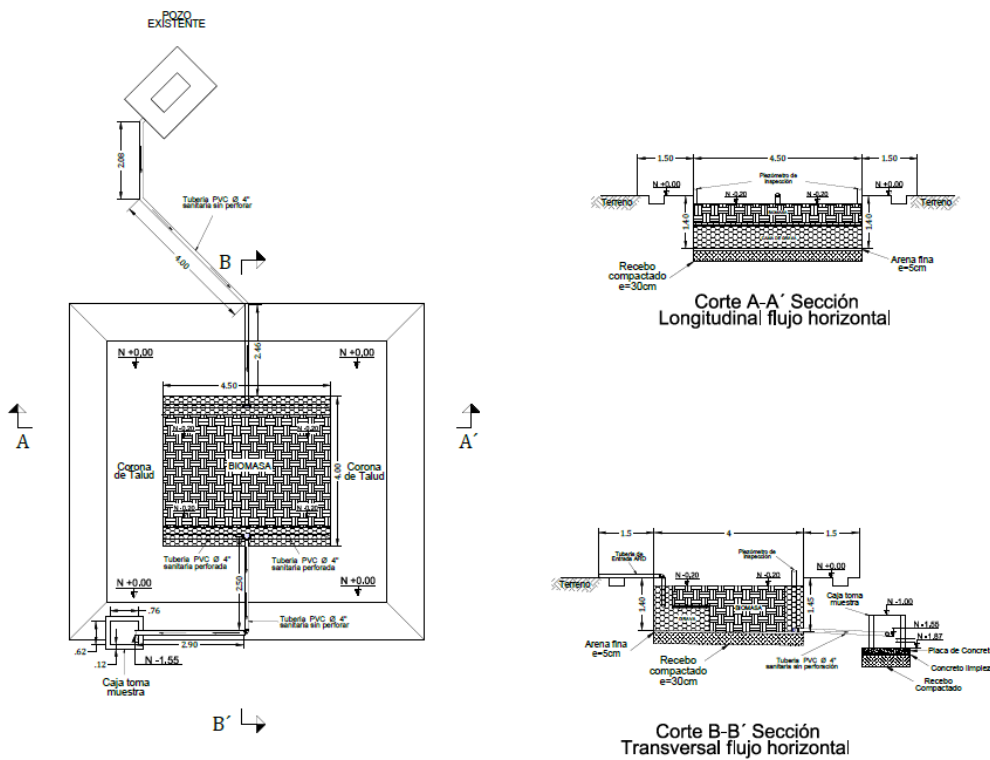
Figura 30: PTARD LF terminada



Figura 31: PTARD LF operando



Figura 32: Plano PTARD LF Comfama Parque Arví




 TRANSFORMECCOSKANDIA Calle 2 # 20-48 BITE 104 Medellín, Antioquia Tel. Fax: + 57 (0) 42-500-771 Correo: transforme@ecoskandia.com	
Preparado by:	CAMILO ANDRÉS BAQUERO PÉREZ
Visado by:	Dra. Patricia Henriksson
Checked by:	Ing. Miguel Baquero #487725533000
PROYECTO:	"SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS A TRAVÉS DE LA TECNOLOGÍA DE LÁMINAS FILTRANTES" COMFAMA PARQUE ARVÍ SANTA ELENA - ANTIOQUIA SISTEMA DE FLUJO HORIZONTAL
CONTIENE:	1. Ubicación general sistemas de tratamiento. 2. Ubicación Sistema FH 3. Corte A-A', 4. Corte B-B'
FECHA CREACIÓN:	05 / 01 / 2015
FECHA MODIFICACIÓN:	NO APLICA
ESCALA:	1:50
PLANO #	1/1

Tabla 3: Formato de construcción y arranque PTAR LF (3 m³/día)

PUNTOS DE CONTROL	OBSERVACIONES	SISTEMA PTARD
Descapote		✓
Excavación		✓
muros y taludes		✓
nivelación y compactación del suelo		✓
tubería de salida		✓
caja de salida		✓
Instalación de geomembrana		✓
llenado de grava y heno		✓
llenado de biomasa		✓
siembra del material vegetal		✓
Arranque		✓

Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas comfama parque arví

El caudal de diseño es de 3 m³/día, que corresponde al Q dim, su caudal máximo horario no debe sobrepasar los 375 litros/hora (QMH=0,375 m³/hora).

Tabla 4: generalidades del sistema PTARD LF comfama

TIPO DE SISTEMA	LAMINAS FILTRANTES®	
Planta de tratamiento de Flujo Horizontal	Tipo de Vertimiento	A.R.D.
	Caudal (Q dim)	3 m ³ /día
	Área Total	18 m ²
	❖ Número de Módulos	1

Programa de mantenimiento preventivo

A continuación se encuentra la programación de los mantenimientos preventivos para la planta de flujo horizontal.

Tabla 5: Formato labores y frecuencias del mantenimiento preventivo

PUNTOS DE CONTROL	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
	ACTIVIDADES	FRECUENCIA
Caudal	Aforo de Entrada y Salida.	Bimensual
	Antes y después de cada mantenimiento en lo posible cada hora.	
pozo séptico	Mantenimiento general cuando COMFAMA crea que es necesario, pero nunca dejarlo	N/A

	colmatar para que este exceso de solidos no pase al sistema de L.F	
filtro de grava de entrada	Retiro de maleza, sondeo con ratón de limpieza y simultáneamente lavado con agua limpia, dejar sonda instalada.	Mensual
filtro de grava de salida	Retiro de maleza, sondeo con ratón de limpieza y simultáneamente lavado con agua limpia, dejar sonda instalada.	Mensual
Biomasa	Retiro de maleza manual, pero tener cuidado de poner tablas sobre la biomasa y pararse sobre la tabla únicamente para no compactar la biomasa ni dañar las plantas.	Mensual
material vegetal	Riego diarios con agua limpia los primeros 3 meses Control de ácaros. Deshoje.	Bimensual
microrganismos	Aplicación del sustrato de activación.	Al arranque
Perimetral	Aseo general. Retiro de maleza. Disposición de sobrantes.	Bimensual
Geomembrana	Revisión, inspección visual.	Bimensual

Operación de los sistemas de tratamiento.

Control de caudal

Los sistemas de tratamiento de agua residual han sido diseñados para un caudal determinado, por esta razón es importante controlar esta variable, con el fin de evitar problemas de colmatación y presencia de agua superficial en la zona de la raíz.

El control del caudal depende de los planes de ahorro y uso eficiente que la empresa tenga diseñados para los procesos que están involucrados, adicionalmente es importante realizar un mantenimiento preventivo a los sistemas para detectar oportunamente posibles fugas y consumos desmedidos.

El caudal es determinado por aforo a la entrada, esto puede realizarse por medio de métodos volumétricos (un recipiente de un volumen determinado y un cronómetro) para así determinar el volumen por unidad de tiempo (Caudal).

Las tuberías de evacuación deben inspeccionarse de forma continua pues de no tener flujo, sabiendo que previamente ha sido cargada la sección de la piscina ó humedal, se formarán pozos aislados en la superficie, mostrando claramente que hay obstrucción en la tubería de drenaje. Observar sí los tubos de drenaje están limpios.

Filtro de entrada (Sistema de flujo Horizontal)

El filtro de entrada es la zona con grava o piedra, esta zona debe estar siempre libre de maleza.

Por lo general dentro de la grava se encuentra el tubo de distribución o entrada.

Tubería (Sistema de flujo Horizontal)

Dentro de la grava se encuentra la tubería tanto de entrada o distribución como la de salida o recolección; para limpiar la tubería se debe proceder de la siguiente manera:

- Se tapa un extremo del tubo, y con una manguera a presión se limpia el tubo con agua.
- En algunos casos se introduce una sonda de lado a lado; en uno de los extremos se ata fuertemente un pedazo de estopa o de tela, formando una puya del mismo diámetro de la tubería a limpiar, se tira del otro extremo de modo que se arrastren todos los sedimentos.

Control del material vegetal

El control de los tubos de drenaje inicialmente van relacionados con el material vegetal. Se debe tener especial cuidado con el crecimiento de las plantas y observar como reaccionan ante la dosificación fijada, ya que de acuerdo a la rata de entrega del afluente al sistema reaccionará la *Phragmites Communis* tanto en su parte foliar como en su parte radicular.

Para el sistema de flujo horizontal, el área superficial del sistema debe permanecer libre de maleza, pues ésta en determinado momento puede competir con el desarrollo a nivel foliar y a nivel radicular pudiendo ahogarla y secarla.

Cuidados del Material Vegetal:

En cierto periodo de funcionamiento, pueden aparecer piojos ó ácaros en las hojas de las matas, y a su vez las hojas presentar un color oscuro. Esto no es ningún problema para el funcionamiento del sistema de tratamiento ni para las *Phragmites Communis*. Los piojos solo están estacionariamente, por lo tanto es un proceso normal y por ello no hay necesidad de realizar ó hacer ninguna actividad. Sin embargo, por cuestiones estéticas, si se quiere mantener el material vegetal libre de los piojos ó ácaros se puede realizar una fumigación cada mes.

Deterioro en el lixiviado

El porcentaje de remoción que se obtenga en el efluente final “LIXIVIADO”, tomado directamente de la caja de salida será gradual con respecto al tiempo y su proporcionalidad.

Es importante que mientras exista vertimiento al sistema, las respectivas tuberías de drenaje efectúen en forma permanente la correspondiente evacuación de los lixiviados.

Posibles inconvenientes en el sistema de tratamiento

A. pozo séptico colmatado

Posibles Causas

- Nivel alto de Sedimentos.
- Taponamiento de tuberías.

B. poco crecimiento de las plantas

Posibles Causas.

- Bajo nivel de agua dentro del sistema.
- Períodos de sequía.
- Períodos largos de inundación.
- Deficiencia de algún nutriente.

C. presencia de agua superficial

Posibles Causas

- Taponamiento en las tuberías de recolección.
- Exceso de caudal.

- Problemas de baja porosidad.

D. no hay niveles en las tuberías de inspección

Posibles Causas

- Caudal de entrada bajo o nulo.
- Taponamiento de tuberías de distribución.
- Problemas de alta porosidad.

E. mal aspecto del agua de salida

Posibles Causas

- Agua superficial.
- Problemas de conexión en alguna tubería.
- Codos sueltos en la caja de recolección.
- Período de funcionamiento.
- Tamaño de las plantas.

F. presencia de plagas

- Ciclo de la planta.

Calculo de Costos Operativos y de Mantenimiento Preventivo PTAR LF

Comfama Parque Arví

1^{er} año

Evaluación de costos mantenimiento y operación PTAR Comfama 3 m3/día

# Personas	Horas/Día	Días/Mes	\$/Hora	\$/Mes	\$/m2-mes	\$/Año
2	3	2	\$ 5.000	\$ 60.000	\$ 3.333	\$ 720.000

2^{do} año

Evaluación de costos mantenimiento y operación PTAR Comfama 3 m3/día

# Personas	Horas/Día	Días/Mes	\$/Hora	\$/Mes	\$/m2-mes	\$/Año
2	2	2	\$ 5.000	\$ 40.000	\$ 2.222	\$ 480.000

3^{er} año en adelante

Evaluación de costos mantenimiento y operación PTAR Comfama 3 m3/día

# Personas	Horas/Día	Días/Mes	\$/Hora	\$/Mes	\$/m2-mes	\$/Año
2	2	1	\$ 5.000	\$ 20.000	\$ 1.111	\$ 240.000

Nota: los costos de operación son nulos ya que el sistema funciona todo por gravedad (de los baños llega a un sistema integrado en fibra de vidrio, de este sale por rebose y llega por gravedad al sistema de LF y del sistema de LF sale por gravedad a la caja de salida o caja toma muestra de donde sale a un campo de infiltración por gravedad, no existe ningún tipo de consumo energético o de personal en la operación, por esto los costos discriminados son netamente del personal necesario para las labores del manual de mantenimiento preventivo.

Referencias

El Congreso de Colombia. (1979). *Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan medidas sanitarias*. Bogotá: Congreso de Colombia.

El Congreso de Colombia. (1997). *Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua*. Bogotá. Ministerio de Ambiente.

El Congreso de Colombia. (2008). *Ley 1259 de 2008. Por medio de la cual se instaure en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Congreso de Colombia

Environment Protection Agency EPA. (1993). *Subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment. A technology Assessment*. Office of water. EPA 832-R-93-008

Presidente de la Republica. (2010). *Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el capítulo II del Título VI parte III – libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones*. Bogotá. Presidente de la Republica.

Presidente de la Republica de Colombia. (1974). *Decreto 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional Natural de los Recursos Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Bogotá: Ministerio de Ambiente.

Presidente de la Republica de Colombia. (1984). *Decreto 1594 de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos*. Bogotá: Presidente de la Republica.

Transform Ecoskandia S.A.S. (2014). *Documento técnico información general de la tecnología de Láminas Filtrantes®*, Documento no publicado. Medellín: Transform Ecoskandia S.A.S