

**DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS MÁS UTILIZADOS EN COLOMBIA Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN
ACTUAL DE LOS VERTIMIENTOS DIRECTOS DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS
PRODUCIDOS POR LA RED DEL ALCANTARILLADO URBANO DEL MUNICIPIO
DE SILVANIA (CUNDINAMARCA)**

**MILTON CESAR DUARTE GUERRERO
MARCO ANTONIO GALINDO GALVIS**



**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
(ECAPMA)
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
ARBELÁEZ, CUNDINAMARCA, COLOMBIA
2018**

**DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS MÁS UTILIZADOS EN COLOMBIA Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN
ACTUAL DE LOS VERTIMIENTOS DIRECTOS DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS
PRODUCIDOS POR LA RED DEL ALCANTARILLADO URBANO DEL MUNICIPIO
DE SILVANIA (CUNDINAMARCA)**

**DUARTE GUERRERO MILTON CESAR
GALINDO GALVIS MARCO ANTONIO**

**Proyecto Aplicado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Ambiental**

Asesora

**YOHÉN CUÉLLAR ÁLVAREZ
Ingeniera Química, Magíster en Ingeniería Ambiental**

Línea de Investigación

Evaluación de Impactos Ambientales y Sostenibilidad Ambiental

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
(ECAPMA)**

**PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL
ARBELÁEZ, CUNDINAMARCA, COLOMBIA**

2018

Contenido

	pág.
Introducción	1
1. Planteamiento del Problema	3
2. Justificación	8
3. Objetivos	11
3.1 Objetivo General	11
3.2 Objetivos Específicos	11
4. Antecedentes y Estado del Arte	12
4.1 Marco Teórico	12
4.1.1 Generalidades del municipio de Silvania Cundinamarca	12
4.1.2 Impactos Ambientales Locales	17
4.2 Marco Legal	19
5. Análisis de Alternativas	25
5.1 Estado de tratamiento de agua residual y tecnologías más comunes según su eficiencia	25
5.2 Tipos de tratamientos de aguas residuales	27
5.2.1 Por tipo de proceso	27
5.2.2 Por el grado de tratamiento	28
5.3 Tratamientos preliminares	28

5.4 Tratamiento secundario	32
6. Sistemas de Tratamiento más Usados a Nivel Nacional	34
6.1 Tipos de sistemas de tratamiento primario y secundario utilizados a nivel nacional	37
6.1.1 Plantas de tratamiento	37
6.1.2 Sistema anaeróbico	37
6.1.3 Sistema aeróbico	38
6.1.4 Floculación iónica	39
6.1.5 Lagunas de oxidación o de estabilización	39
6.1.6 Humedales	40
6.1.7 De flujo superficial	40
6.1.8 Subsuperficial	40
6.1.9 Trampas de grasas	41
6.1.10 Fosas sépticas	42
6.2 Sistemas de tratamiento más usados a nivel regional	43
7. Metodología	46
7.1 Enfoque	46
7.2 Tipo de Investigación	48
7.3 Instrumentos	48
7.4 Caso práctico exitoso	50
8. Descripción del Area de Estudio	53
8.1 Descripción de la generación de aguas residuales del municipio de Sylvania	53
8.2 Análisis físico químico de las aguas residuales del municipio de Sylvania	56
8.3 Análisis Físico - Químico Vertimientos Puntuales Sistema de Alcantarillado Zona Urbana,	

Municipio de Silvania	58
8.4 Estado actual de Estudios, Diseños y ejecución de obras del servicio de Alcantarillado – Plan Maestro de Alcantarillado	61
9. Análisis de las Condiciones Técnicas para la Construcción de un Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales para el Municipio de Silvania, Cundinamarca	63
9.1 Población	63
9.2 Estratificación y número de usuarios	64
9.3 Criterios de diseño según RAS	65
9.4 Esquema General del Sistema de Tratamiento	67
9.5 Tipo de tecnología	67
10. Modelo de Sistema de Tratamiento	70
10.1 Modelo general	70
10.2 Modelo tipo	71
10.3 Construcción del plan de redes del sistema de alcantarillado sanitario	72
10.4 Puesta en funcionamiento – Implementación del sistema	72
10.5 Descripción - sistema de tratamiento propuesto	73
11. Ventajas y Desventajas de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Mediante Lodos Activados	81
12. Resultados Esperados	83
13. Conclusiones	85
14. Recomendaciones	87
Referencias Bibliograficas	88
Anexos	95

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Localización general Silvania	13
Figura 2. Mapa de límites localización geográfica del municipio de Silvania con referencia al departamento de Cundinamarca y la Provincia de Sumapaz.	13
Figura 3. Vias de acceso al municipio de Silvania	15
Figura 4. Mapa de vías de acceso	16
Figura 5. Procesos aerobios. Visualización de los procesos requeridos en el tratamiento biológico de lodos activados	27
Figura 6. Cribado o desbaste de gruesos	29
Figura 7. Tamices estáticos	29
Figura 8. Homogenizadores o Tanques de Igualacion	30
Figura 9. Procesos de Sedimentacion y Desarenacion en PTARs	31
Figura 10. Esquema de tratamiento po método de lodos activados	33
Figura 11. Esquema de tratamiento po método de lodos activados	33
Figura 12. Ubicación geográfica puntos de vertimientos	56
Figura 13. Esquema General del Sistema de Tratamiento	68
Figura 14. Modelo general.	70
Figura 15. Modelo tipo	71
Figura 16. Plan de redes del sistema de alcantarillado sanitario	72

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Usuarios del servicio de acueducto por estrato y uso	14
Tabla 2. Conectividad con otros municipios	15
Tabla 3. Impactos Ambientales provenientes de las aguas residuales y sistemas de alcantarillado doméstico.	18
Tabla 4. Análisis de eficiencia caso existo implementación sistema de lodos activados.	51
Tabla 5. Características de la red de alcantarillado del municipio de Silvania.	55
Tabla 6. Alcance del Plan de Saneamiento y manejo de vertimientos	57
Tabla 7. Cargas de contaminantes más representativos año – municipio de Silvania.	59
Tabla 8. Registro de usuarios del servicio de acueducto	64
Tabla 9. Número de usuarios del acueducto municipio de Silvania	64
Tabla 10. Variación de la humedad relativa (%)	65
Tabla 11. Producción percapita de concentraciones de DBO ₅ y SST	66
Tabla 12. Metas carga contaminante PSMV Silvania	67
Tabla 13. Análisis de eficiencia caso existo implementación sistema de lodos activados.	78
Tabla 14. Carga contaminante caso exitoso	79
Tabla 15. Comparativos de carga contaminante	79

Lista de Anexos

	pág.
Anexo A. Definiciones	95
Anexo B. Formato Encuesta	99
Anexo C. Informe del Laboratorio Vertimientos Municipio de Sylvania.	101

Lista de Símbolos

Símbolo	Término	Unidad SI
A	Área	m ²
V	Volumen	m ³
W	Vatio “o” Watt	J/s
Gg	Gigagramo	10 ⁹ g
t	Tonelada	10 ⁶ g
kg	Kilogramo	kg
km	Kilometro	km

Lista de Abreviaturas

Abreviatura	Término
GEI	Gases de efecto invernadero
CO ₂	Dióxido de carbono
CH ₄	Metano
MO	Materia orgánica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
SST	Sólidos Suspendidos Totales
°C	Grados Celsius de Temperatura
SAAM	Sustancias Activas del Azul de Metileno
PTAR	Planta de Tratamiento de Agua Residual
POMCA	Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca
PSMV	Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos
INVIAS	Instituto Nacional de Vías
EMPUSILVANIA	Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Sylvania
IDEAM	Instituto de Estudios Ambientales
DAF	Sistema de flotación por aire disuelto
H ₂ S	Ácido Sulhídrico
NS	Natural System

PAP-PDA	Programa Agua y Saneamiento para la Prosperidad Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento
MVCT	Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio.
CAR	Corporación Autónoma Regional
pH	Potencial de Hidrogeno
RAS	Reglamento de Agua y Saneamiento Básico
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
SMMLV	Salario Mínimo Mensual Legal Vigente
SMDLV	Salario Mínimo Diario Legal Vigente

Resumen

El presente documento describe mediante un proyecto aplicado, los posibles sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas que se están utilizando en el territorio colombiano, con la finalidad de recomendar cuál de estos sistemas es técnicamente viable para el tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas por los habitantes del casco urbano del municipio de Silvania, Cundinamarca, de tal forma que se garantice la protección de la fuente receptora de las aguas residuales, en este caso el río Subía.

Con lo anterior se espera que la entidad prestadora del servicio de alcantarillado y de la dirección administrativa del municipio, seleccione el mejor sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en el casco urbano, mediante el análisis de las diferentes alternativas disponibles desde el aspecto técnico, económico y ambiental, en procura de cumplir con la normatividad ambiental vigente, bajo principios de eficiencia y eficacia, contribuyendo a la protección de los recursos naturales y el ambiente, en especial el recurso agua, el cual presentan no solo una escasez sino también altos índices de contaminación que impiden usos posteriores aguas abajo del sitio de descarga de los vertimientos sin tratamiento.

Finalizado el presente proyecto aplicado se puede recomendar a las autoridades locales del municipio de Silvania que el sistema a implementar por su eficiencia es el denominado “lodos activados” debido a la alta capacidad de remoción de la carga orgánica que pueda contener un cuerpo de agua, siendo esta una garantía para el tratamiento eficiente de las aguas residuales domésticas generadas por los habitantes del casco urbano del municipio de Silvania.

Palabras clave: Vertimientos, Tratamiento, Olores Ofensivos, Agua Residual, Alcantarillado, Contaminación, Desarrollo Urbano.

Abstract

This document describes through an applied project, the possible systems of domestic wastewater treatment that are being used in the Colombian territory, with the purpose of recommending which of these systems is technically viable for the treatment of domestic wastewater generated by the inhabitants of the urban helmet of the municipality of Sylvania, Cundinamarca, in such a way as to guarantee the protection of the receiving source of the wastewater, in this case the Subia River.

With the above it is expected that the entity providing the sewer service and the administrative management of the municipality, select the best treatment system for domestic wastewater generated in the urban area, by analyzing the different alternatives available from the technical aspect , economic and environmental, seeking to comply with current environmental regulations, under the principles of efficiency and effectiveness, contributing to the protection of natural resources and the environment, especially the water resource, which present not only a shortage but also high indices of contamination that prevent later uses downstream of the discharge site of the vertimientos without treatment.

Keywords: Discharge, Treatment, Offensive Odors, Waste Water, Sewage, Pollution, Urban Development.

Introducción

El presente trabajo, se ha formulado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental, tiene como objetivo identificar los impactos ambientales generados por el vertimiento directo de aguas residuales domésticas del casco urbano del municipio de Silvania (Cundinamarca) al río Subía, durante un período de 6 meses. Para ello, es importante como primera instancia determinar el estado actual del cuerpo de agua receptor (río Subía), teniendo como referencia los resultados de los análisis de laboratorio realizados por el prestador del servicio de alcantarillado a cada uno de los puntos de vertimientos domésticos que genera el casco urbano del municipio de Silvania. Sumado a esto, se debe establecer la procedencia y las características de los vertimientos directos que llegan al río Subía a la altura del casco urbano del municipio de Silvania para proponer medidas de control desde la fuente generadora.

Sumado a esto, se debe establecer la procedencia y las características de los vertimientos directos que llegan al río Subía a la altura del casco urbano del municipio de Silvania para proponer medidas de control desde la fuente generadora.

En este orden de ideas, lo que aquí se pretende es realizar un estudio del estado actual de la situación que permita, a partir de la información recolectada, plantear posibles alternativas dentro del contexto ambiental para el tratamiento de los vertimientos de aguas residuales domésticas generadas por los habitantes del casco urbano del municipio de Silvania, para su incorporación al medio natural. De esta forma, se busca encontrar la manera de establecer un equilibrio entre los ecosistemas y las actividades que son propias del desarrollo urbano.

Es importante subrayar que el presente trabajo se encuentra enmarcado en los lineamientos constitucionales y en las normativas que se encuentran vigentes frente a la distribución del agua, el manejo de las aguas residuales y la protección a las cuencas hidrográficas que abastecen a las comunidades. Algunas de estas normativas, se encuentran en el contexto nacional mientras que otras son propias de la municipalidad de Silvania y permiten abordar el problema de manera significativa.

Finalmente, para llevar a cabo esta investigación se utilizó un método analítico que como lo define Ruiz (2006) “consiste en desmembrar un todo descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos” (p.128). Para la presente investigación, el análisis se lleva a cabo en torno a los vertimientos líquidos y explica los componentes particulares del problema con el fin de plantear una alternativa. En cuanto al enfoque de la investigación, es preciso mencionar que es cualitativo puesto que investiga el número de vertimientos directos con su composición físico-química y se identifica el impacto que estos pueden tener sobre la comunidad del municipio de Silvania. Por lo que refiere al tipo de investigación, es relevante mencionar que corresponde a un tipo descriptivo en donde se diagnostica un problema y se evalúa la situación para disponer de soluciones que sean sostenibles y aplicables en la problemática.

1. Planteamiento del Problema

El municipio de Silvania está localizado en la provincia del Sumapaz, Departamento de Cundinamarca, bañado por los ríos Subía y Barro Blanco; sus actividades principales son las residenciales y recreativas. Los pobladores del casco urbano, que asciende a un total de 9500 personas según datos tomados de la página oficial del municipio, realizan sus descargas de aguas servidas al sistema de alcantarillado, el cual en su gran mayoría (85 %), es de sistema combinado y realiza el vertimiento al Río Subía mediante 10 puntos directos sin ningún tipo de tratamiento primario ni secundario; por esto, se genera una alteración de las condiciones propias de esta fuente hídrica, así como la generación de olores ofensivos y focos de proliferación de vectores transmisores de enfermedades de salud pública a los habitantes rivereños del municipio (Municipio de Silvania, 2000).

Por lo anterior, en este trabajo aplicado se propone realizar una revisión de orden nacional, departamental y local de aplicación de tecnologías en los sistemas de tratamiento de aguas residuales; a fin de poder recomendar al municipio de Silvania cuál de estas sería la de mayor eficiencia, en el tratamiento de los vertimientos generados por el sistema de alcantarillado municipal y así mitigar los diferentes impactos negativos causados por esta actividad al recurso hídrico, esto con el fin de poder garantizar el equilibrio natural entre los ecosistemas y las actividades propias del desarrollo urbano. En este orden de ideas, la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Silvania EMPUSILVANIA S.A E.S.P, es la encargada de prestar el servicio de Alcantarillado conexo al de Acueducto, generando los cobros correspondientes por

tasa de vertimiento, como de mantenimiento de la infraestructura y ampliación del sistema a nuevas áreas del casco urbano; sin realizar hasta el momento las inversiones que conlleven a un eficiente sistema de tratamiento de estos vertimientos originados de las actividades residenciales y comerciales de los usuarios de este servicio. Por tanto, generan un impacto directo al medio natural y al recurso hídrico que tiene su curso por el río Subía y el cual aguas abajo es utilizado por comunidades para el riego y el consumo humano.

Ahora bien, es importante subrayar que identificar las causas generadoras de la contaminación se convierte en un determinante para elaborar un diagnóstico sobre los impactos ambientales que perjudican el recurso hídrico del río Subía. Asimismo, vale la pena mencionar que los vertimientos provienen de aguas residuales domésticas generadas por los usuarios del servicio de alcantarillado y es a partir de esta premisa que se elabora un diagnóstico acertado del tipo de contaminación que se está generando. Sumado a lo dicho, en los procesos de determinación de los impactos al recurso hídrico por vertimientos de aguas residuales, es fundamental referir los vertimientos puntuales que se tengan sobre las fuentes hídricas y analizar la información para construir el diagnóstico (Hidalgo & Mejía, 2010). Todo esto se convierte en una herramienta con alcance real y eficiente para la toma de decisiones por parte de la alta gerencia de una entidad bien sea pública o privada.

En este orden de ideas, en el caso particular de Colombia, los procesos políticos y económicos han creado en los últimos años una migración significativa del campo a la ciudad, agudizando la situación de déficit de los servicios de saneamiento básico en las áreas urbanas (Rueda, 1999). Frente a esta situación, se han desarrollado varias teorías con respecto al manejo de los vertimientos, las cuales han sido exitosas por el valor agregado que tiene un tratamiento integral de residuos líquidos municipales, debido a la inmersión de los componentes sociales y

ambientales. Como tal, en ciudades capitales se han desarrollado grandes sistemas de tratamiento y de gestión integral como es el caso de Bucaramanga y su área metropolitana; también se han producido avances significativos para la construcción de sistemas de tratamiento para el cauce del Río Bogotá en sitios definidos como PTAR Salitre y PTAR Canoas, que pretenden bajo un esquema de tratamiento biológico y químicamente asistido un incremento de los recursos hídricos disponibles en el área de la cuenca, potencialmente aprovechables para los diferentes usos identificados como el agropecuario, industrial y energético. Según Contreras (2017) en cuanto a los municipios de concentraciones medianas y bajas de población, ha sido bajo el nivel de implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Por tanto y revisando los planteamientos del Estudio Nacional del Agua para Colombia se tiene que la presente investigación pretende para el Municipio de Sylvania definir un análisis de alternativas de los diferentes métodos y sistemas de tratamiento de aguas residuales existentes, comparando su nivel de eficiencia, capacidad, calidad del vertimiento y demás aspectos relevantes, haciendo de esta una fuente de consulta en la definición de la alternativa para la gestión eficiente de los residuos líquidos vertidos al Río Subía.

Por lo anterior, es preciso resaltar la importancia de realizar un tratamiento adecuado a los vertimientos domiciliarios, ya que en la actualidad se conocen numerosas teorías sobre el tratamiento de residuos líquidos municipales, los cuales han sido aplicados en el territorio nacional.

De igual forma, con la expedición del Decreto 3930 de 2010 y la Resolución 631 de 2015 por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Esta resolución modifica el sistema de medición de los factores

contaminantes que pueden presentarse en las aguas residuales; ahora se definen unos límites máximos de las concentraciones de cada uno de los parámetros contaminantes, clasificándolos por las diversas actividades económicas desarrolladas por las empresas, lo cual vuelve más exigente los requerimientos para obtener los permisos de vertimientos.

Finalmente, desde el aspecto administrativo y de prestación del servicio de alcantarillado, es preciso mencionar que se hace por medio de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Silvania S.A E.S.P. Según el último informe de gestión con vigencia 2016 (Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Silvania, 2016) se tiene que el servicio de alcantarillado con 1.855 suscriptores establecidos específicamente en el área urbana (zona centro). Así mismo, en este mismo sector se tienen cerca de 2.245 suscriptores de acueducto para el mismo año con una cobertura del servicio del 100 %. A partir de la información suministrada se puede estimar que la cobertura en la prestación del servicio de alcantarillado sanitario es de aproximadamente el 84.7 % en la zona centro; las comunidades más alejadas dentro del perímetro urbano utilizan pozos sépticos o vierte sus aguas servidas directamente a caños abiertos o al río Subía. En la cabecera Municipal, el sistema de colectores es bastante antiguo y está constituido por tuberías de gres y concreto con diámetros que varían entre 6” y 18” que se encuentran a profundidades de hasta 6.0 metros; las conexiones domiciliarias son en gres y diámetro de 6”.

Adicional a lo mencionado, uno de los problemas más críticos del sistema de alcantarillado es el rebosamiento de los pozos de inspección “*Over Flow*” en épocas de invierno debido a la falta de capacidad de evacuación de las redes, la obstrucción de pozos y colectores; la falta de mantenimiento y la deficiente operación algunos tramos en contra pendiente. El total de los vertimientos recogidos en los ductos y redes del sistema de alcantarillado son evacuados al cauce de río Subía sin ningún tipo de tratamiento generando así grandes impactos negativos al cuerpo

de agua y alterando las diferentes condiciones de los ecosistemas presentes.

Ahora bien, con base en lo mencionado resulta relevante preguntarse:

¿Cuáles son los tipos de sistemas más utilizados a nivel nacional, regional y local en el tratamiento de los vertimientos provenientes del alcantarillado municipal y cuál de estos serían aplicable para el municipio de Sylvania?

2. Justificación

El incremento acelerado de la población y el desarrollo urbano ha generado un significativo aumento en la producción de los residuos o vertimientos líquidos, lo cual no es ajeno al Municipio de Silvania; por lo que se debe adoptar los lineamientos estipulados por la Constitución Política de Colombia, el Ministerio del Medio Ambiente y el Decreto 1076 de 2015 y demás normas, que hacen referencia al manejo sanitario y ambiental de los residuos líquidos.

Por esta razón, el presente documento tiene como fin realizar una investigación de la problemática ambiental generada por el vertimiento directo de estos residuos al Río Subía el Municipio de Silvania, con una compilación de estudios e investigaciones ya realizadas y así poder generar un análisis óptimo a la luz de la norma técnica y demás aspectos técnicos para la búsqueda de una solución a los diferentes impactos identificados.

Es importante revisar, desde la perspectiva ambiental, los impactos generados por el vertimiento de aguas servidas sin ningún tipo de tratamiento a cuerpos de agua como en este caso está sucediendo en el municipio de Silvania y poder determinar el estado actual de gestión y de avance en obras de infraestructura requeridas: la separación de caudales, la construcción de redes, pozos y demás, que permitan el ordenamiento ambiental de estos cuerpos de agua para beneficio ambiental de la sociedad.

Este Proyecto Aplicado busca identificar los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales con el fin de analizar y recomendar la posible alternativa de solución en cuanto al manejo inadecuado de las aguas residuales municipales; lo anterior debido a que se debe revisar

la capacidad generación y de tratamiento con sistemas alternativos o tradicionales, de tal forma que generen una conciliación con el entorno natural. Dicho proceso, será posible si se cuenta con un área definida por el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), donde se pueda realizar la gestión ambiental de estos vertimientos.

Para el caso del municipio de Sylvania Cundinamarca y siguiendo las directrices de ordenamiento ambiental se cuenta en fase de actualización el documento rector y de mayor jerarquía POMCA Sumapaz, donde hace parte la micro cuenca del río Subía, el cual nos indica la importancia de este corredor hídrico, el cual se alimenta principalmente de las aguas provenientes del Páramo más grande del mundo, como lo es el Páramo Sumapaz, cuyas vertientes drenan desde el municipio de Cabrera y desembocan en la cuenca del Río Magdalena en el Departamento de Cundinamarca (Contretas, 2017)

También es importante resaltar que el municipio de Sylvania formulo en el año 2013, el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV, de acuerdo con la Resolución 1433 de 2004, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en este Plan estableció que en el año 8 el municipio debe construir el sistema de alcantarillado con todos sus componentes, incluido el sistema de tratamiento de aguas residuales, la separación de los caudales sanitarios de las lluvias, para garantizar una eficiencia en el proceso de tratamiento y entrega de los caudales al cuerpo receptor río Subía.

Al poder identificar los estudios o investigaciones ya realizadas bien sea de manera oficial o privada que determine la caracterización de las problemática e impactos ocasionados al recurso hídrico proveniente de vertimientos de aguas del sistema de alcantarillado público, permite la construcción de conocimiento con el propósito de alcanzar medidas sostenibles que garanticen el equilibrio entre las actividades generadoras de desarrollo y los ecosistemas propios del recurso

hídrico.

Por lo tanto, se considera que el proceso investigativo a realizar contribuye con la búsqueda de soluciones dentro del contexto ambiental de la problemática abordada, para así las entidades encargadas de administrar u operar los servicios públicos en el Municipio de Silvania consulten, revisen lo definido dentro del contexto académico y de generación de recomendaciones y conclusiones aplicables a la realidad del territorio

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Proponer un sistema de tratamiento para los vertimientos domésticos producidos por la red del alcantarillado urbano del municipio de Silvania Cundinamarca.

3.2 Objetivos Específicos

- Analizar los sistemas más utilizados en Colombia para el tratamiento de las aguas residuales domésticas.
- Comparar mediante un caso éxito la eficiencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas y su posible implementación en el municipio de Silvania.
- Seleccionar una alternativa de tratamiento para las aguas residuales domésticas que son recogidas por el sistema de alcantarillado del casco urbano del municipio de Silvania.

4. Antecedentes y Estado del Arte

4.1 Marco Teórico

Dentro de este contexto se analizará los conceptos de diferentes autores y las teorías aplicadas al sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de los sistemas de alcantarillado municipal, esto como referente de aplicación al caso de estudio como lo es el manejo de las aguas provenientes del sistema de alcantarillado del municipio de Sylvania, las cuales son vertidas sin tratamiento alguno al Río Subía.

4.1.1 Generalidades del municipio de Sylvania Cundinamarca

- **Localización geográfica.** El Municipio de Sylvania se encuentra localizado en la provincia de Sumapaz, al sur occidente del departamento de Cundinamarca (Figura 1), las coordenadas geográficas en su cabecera: (Alcaldía de Sylvania, Cundinamarca, 2005)

Latitud: 04°24'15.65" Norte

Longitud: 74°23'14.93" Oeste

Altura 1467.77 m.s.n.m.



Figura 1. Localización general Silvania. Datos obtenidos de Gobernación de Cundinamarca (2017, p.15)

- **Límites.** El municipio de Silvania limita al norte con Granada, al sur con Fusagasugá, al occidente limita con Viotá y Tibacuy, al oriente con Sibaté (Figura 2).

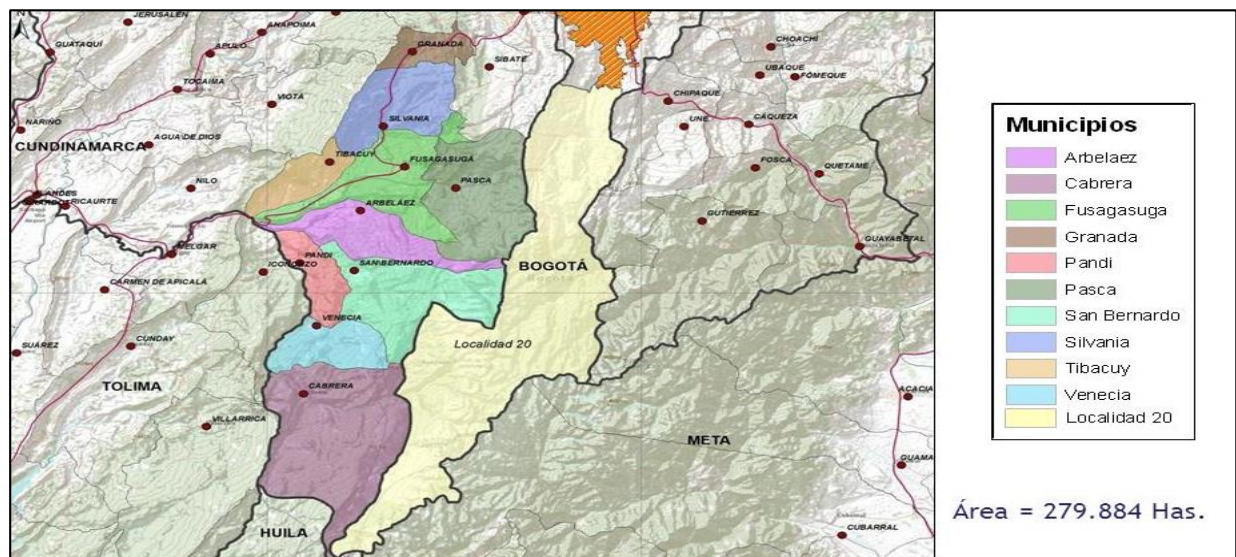


Figura 2. Mapa de límites localización geográfica del municipio de Silvania con referencia al departamento de Cundinamarca y la Provincia de Sumapaz. Datos obtenidos de (Google Maps (2017,p.2)

- **Características de la población.** La población del casco urbano del municipio de Sylvania desarrolla actividades netamente residenciales y comerciales, destacándose el comercio a pequeña y mediana escala, como la fabricación de muebles de mimbre, guadua y bambú; la venta de servicios como restaurantes, bares y cafeterías, no se desarrollan actividades industriales de ninguna índole, además de la existencia de instituciones del orden público y privado.

Esto indica que los vertimientos de aguas residuales al sistema de alcantarillado municipal solo provienen de usuarios residenciales, comerciales o institucionales, con un total de 2802 usuarios residenciales, oficiales 23, dentro el cual se encuentra el Hospital Ismael Silva, este presta servicios de I nivel de salud y cuenta con una control de residuos líquidos exigido por la empresa EMPUSILVANIA, según el Registro Único de Generadores, y 205 usuarios comerciales, en su gran mayoría restaurantes y cafeterías.

A continuación, en la Tabla 1, se describe a mayor detalle:

Tabla 1. Usuarios del servicio de acueducto por estrato y uso

Estratos	Suscriptores	%
Residencial		
Estrato 1 (bajo-bajo)	208	6,06%
Estrato 2 (bajo)	634	18,47%
Estrato 3 (medio)	1516	44,16%
Estrato 4 (medio alto)	444	12,93%
Oficial	23	0,67%
Industrial	3	0,09%
Comercial	205	5,97%
Total	3033	100%

Nota: Elaborada por los Autores con base en datos obtenidos de Empusilvania SA ESP (2017)

- Vías de comunicación

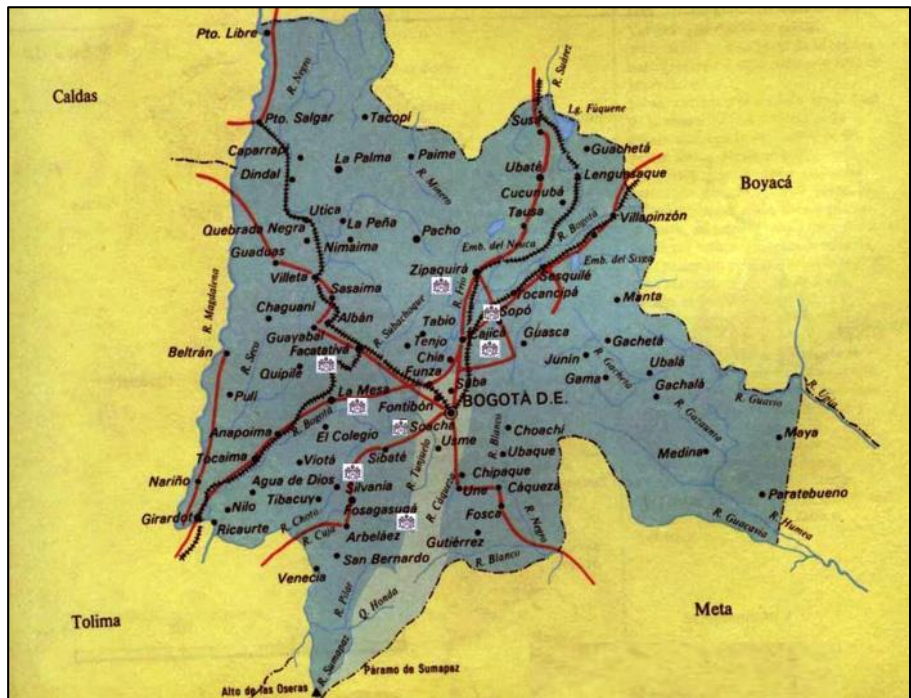


Figura 3. Vías de acceso al municipio de Silvania. Datos obtenidos de Google Maps (2017, p.3)

Como se observa en la Tabla 2, el municipio de Silvania presenta conectividad con las siguientes localidades:

Tabla 2. Conectividad con otros municipios

Localidad	Comunicación (terrestre/fluvial)	Distancia (km)
Bogotá	Terrestre	45
Fusagasugá	Terrestre	7.28
Subía	Terrestre	6

Nota: Elaborada por los Autores con base en datos obtenidos de Invias (2017)

En la figura 4, se evidencias las vías de acceso que tiene el municipio de Silvania.

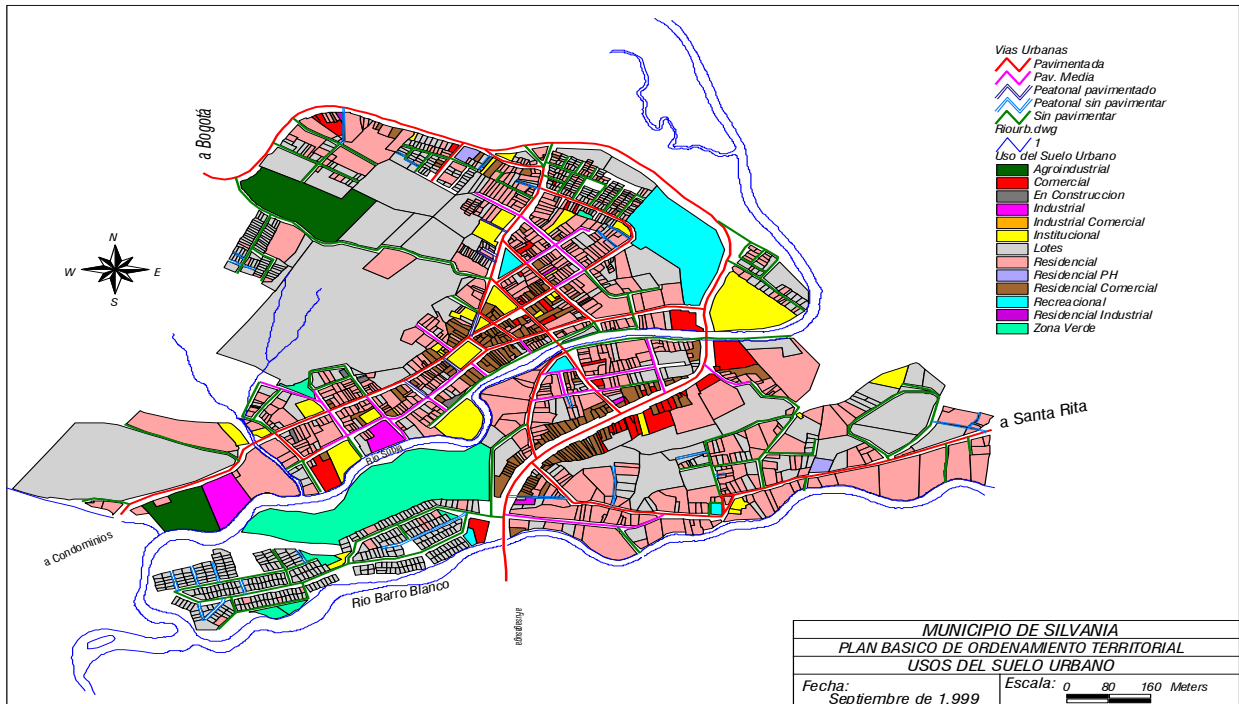


Figura 4. Mapa de vías de acceso. Datos obtenidos de Alcaldía de Silvania, Cundinamarca (1999)

- **Hidrología.** El municipio de Silvania se ubica en la cuenca del río Panches la cual es tributaria de la cuenca del río Sumapaz en el flanco occidental de la cordillera Oriental, haciendo parte de la hoya hidrográfica del río Magdalena, drenando en sentido predominantemente sureste – noroeste, en el suroccidente del departamento de Cundinamarca y oriente del Tolima.

- **Climatología.** Para la descripción cualitativa y cuantitativa de los diferentes parámetros climáticos e hidrológicos teniendo en cuenta que la estación climatológica más cercana es la estación climatológica principal 2119512 – Estación LTA Valsalice operada por el IDEAM, fue utilizada para el análisis temporal de los parámetros de evaporación media.

- **Meteorología.** Comprende fundamentalmente el estudio del estado del tiempo, los fenómenos producidos y las leyes que rigen el medio atmosférico, a continuación, se mencionan algunos aspectos que se deben tener en cuenta:

- **Precipitación.** El régimen pluviométrico es bimodal, el primer período de lluvia se presenta

entre los meses de marzo y abril, Durante los meses de octubre y noviembre se presenta el segundo período de lluvias. El valor promedio de precipitación anual es de 981mm.

- **Evaporación y Evapotranspiración.** La estación Univ. Fusagasugá cuenta con registros de valores totales mensuales de evaporación cuyo promedio mensual es de 84,0 mm. El valor promedio anual resultante es de 1009 mm.

- **Temperaturas máximas, medias y mínimas.** La temperatura promedio es de 20.4°C, que oscilan entre 18.9°C (promedio mínimo del mes de octubre) y los 23.4°C.

4.1.2 Impactos Ambientales Locales. La identificación de las causas generadoras de la contaminación se convierte en el determinante principal para construir el diagnóstico que determine e identifique los impactos al recurso hídrico del río Subía. También, se debe considerar que los vertimientos provienen de las aguas residuales domésticas generados por los usuarios del servicio de alcantarillado, por lo tanto, es a partir de ello que se puede elaborar un diagnóstico acertado del tipo de contaminación que se está generando y determinar los impactos ocasionados.

En los procesos de determinación de los impactos al recurso hídrico por vertimientos de aguas residuales, es procedente realizar una identificación de los vertimientos puntuales que se tengan sobre las fuentes hídricas, caracterización físico química de los vertimientos líquidos, caracterización de las cargas contaminantes, análisis de la información y construcción del diagnóstico, Tabla 3 lo cual se convierte en un herramienta con alcance real y eficiente en la toma de decisiones por parte de la alta gerencia de una entidad bien sea pública o privada (Salazar, 2015). Los impactos ambientales más relevantes dentro de las descargas de aguas residuales domésticas a los cuerpos de agua superficiales en indican en la Tabla 3, esto tomado de (Lizarazo y Orjuela, 2013).

Tabla 3. Impactos Ambientales provenientes de las aguas residuales y sistemas de alcantarillado doméstico.

Contaminante	Fuente	Impacto ambiental
Sólidos Suspendidos	Uso doméstico, desechos industriales y aguas filtradas a la red.	Causa depósitos de lodo y condiciones anaeróbicas en ecosistemas acuáticos.
Compuestos Orgánicos Biodegradables (DBO ₅ – DQO)	Desechos domésticos e industriales	Causa degradación biológica, que incrementa la demanda de oxígeno en los cuerpos receptores y ocasiona condiciones indeseables.
Microorganismos Patógenos	Desechos domésticos	Causan enfermedades transmisibles.
Nutrientes	Desechos domésticos e industriales	Pueden causar eutrofización.
Compuestos Orgánicos Refractarios	Desechos industriales.	Pueden causar problemas de sabor y olor; pueden ser tóxicos o cancerígenos.
Metales Pesados	Desechos industriales, minería, etc.	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reusó del efluente.
Sólidos Inorgánicos Disueltos	Debido al uso doméstico o industrial se incrementan con respecto a su nivel con el suministro de agua.	Pueden interferir con el reuso del efluente.
Compuestos de Hidrocarburos	Debido a actividades industriales derivadas de productos de hidrocarburos	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reusó del efluente.
Compuestos de Fosforo	Desechos de producción agrícola, etc.	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reusó del efluente.
Compuestos de Nitrógeno	Desechos de producción agrícola, etc.	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reusó del efluente.

Nota: Elaborada por los Autores

La identificación de estos impactos ambientales negativos a los cuerpos de agua superficiales como lo es el Río Subía, están determinados esencialmente por el análisis detallado de las condiciones actuales del agua de la fuente versus la calidad de vertimiento aportado a la fuente hídrica, ya que estas condiciones diferenciales del vertimiento introducidas al cuerpo de agua pueden poseer condiciones bien sea por abajo de los parámetros aceptados en el artículo 8 de la Resolución 631 de 2015 o por arriba de ellos, resultando así una identificación de parámetros sustanciales en estos vertimientos como lo es DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno) y SST (Sólidos Suspendidos Totales); ya que estos nos determina los niveles de materia orgánica y sólidos que se van a aportar al cuerpo receptor.

Por tanto, es indispensable contar con los análisis de agua de la fuente, como los de los vertimientos procedentes de la actividad, en este caso del sistema de alcantarillado municipal, que para el caso del municipio de Silvania, Cundinamarca, predomina la actividad residencial, lo que indica que la cantidad de materia orgánica es alta y de no tener un sistema de tratamiento alteraría las condiciones iniciales de calidad del río Subía como receptor de estos vertimientos.

4.2 Marco Legal

Según la normatividad existente sobre legislación ambiental y específicamente sobre los vertimientos de agua residual, hoy día se cuenta con La Constitución Nacional, Código Sanitario, Código de Recursos naturales, Ley 99 de 1993, Decreto Ley 1594, Decreto 3100 de 2003 y el Decreto 1433 de 2004. En este marco, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y El Departamento Nacional de Planeación en su documento Plan Nacional De

Manejo De Aguas Residuales Municipales En Colombia (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004), hace referencia a lo relacionado con los impactos ocasionados al recurso hídrico por los vertimientos líquidos a cuerpos de agua esbozando lo siguiente:

Debido a la inadecuada o inexistente recolección, tratamiento y disposición de los vertimientos generados por actividades como la agricultura y la industria, y de las aguas residuales de origen doméstico, en el país se han generado, en forma sucesiva e incremental, problemas de salubridad y de calidad del agua en varias regiones. La situación comienza a ser insostenible, en la medida en que los cuerpos receptores alcanzan su capacidad de asimilar estos contaminantes, y tiene como consecuencia la alteración de la calidad del recurso para su uso posterior, lo cual agrega un costo adicional para su tratamiento. El Gobierno Nacional ha adelantado diferentes acciones con la finalidad de ampliar la cobertura de saneamiento básico y reducir los impactos sanitarios y ambientales más significativos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004, p. 5).

Es así como desde la perspectiva nacional se ha venido formulando el marco normativo y estructural en busca de ordenar el recurso hídrico y en especial de lograr el saneamiento de las cuencas hidrográficas de aquellos vertimientos que llegan a los cauces sin ningún tipo de tratamiento y que provienen de las diferentes actividades, dentro de ellas, las del servicio de alcantarillado público, como lo es para el caso de estudio en el municipio de Silvania, Cundinamarca y que se referencia dentro del estudio técnico Plan Maestro de Alcantarillado del Municipio de Silvania (Alcaldía de Silvania, Cundinamarca, 1999) en donde se precisa que para

el municipio el sistema de alcantarillado es combinado: tiene una extensión en la zona centro de 6.835 metros con 248 pozos de inspección y no cuenta con estructuras de separación de caudales ni plantas de tratamiento. Las aguas servidas son arrojadas al cuerpo de agua más cercano constituido principalmente por el río Subía.

Como también estos residuos pueden proceder de las viviendas o de las actividades de limpieza diaria de espacios públicos y vías; por lo tanto, los residuos de las viviendas son la parte más importante de los residuos líquidos domiciliarios municipales, estos se clasifican por las zonas de procedencia y por el nivel socio económico que los genere: zona urbana baja; zona urbana media; zona residencial; zona comercial; zona industrial; zona turística; zona de mercados. Los residuos de zonas públicas son aquellos que surgen de la limpieza de las calles, parques y áreas públicas; lo cual es un indicador de altos aportes de materia orgánica; por tanto, el factor de remoción es mínimo debido a la carencia de sistemas de tratamiento convencional o compacto que permitan depurar la carga orgánica y de sólidos y así minimizar los impactos ocasionados.

En la Tabla 4, se presenta un marco legal a tener en cuenta en el presente estudio:

Tabla 1. Marco Legal

Norma	Contenido
Constitución Política Nacional	En los artículos 78, 79 y 80 en donde establece que el Estado tiene entre otros deberes, la protección de la diversidad e integridad del ambiente; además fomentar la educación ambiental, prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, así mismo impone las sanciones legales y exige la reparación de los danos causados al ambiente. (Constitución Política de Colombia, 1991)
Decreto - Ley 2811 1974, Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente	En esta ley se contemplan las acciones de prevención y control de la contaminación del recurso hídrico, a fin de garantizar la calidad del agua para su uso posterior. (Decreto 2811, 1974)
Ley 9 de 1979, Código Sanitario Nacional	Establece los procedimientos y las medidas para llevar a cabo la regulación y control de los vertimientos. (Ley 9, 1979)
Decreto 1594 de 1984, Norma reglamentaria del Código Nacional de los Recursos Naturales y de la ley 9 de 1979	Contempla los aspectos relacionados con el uso del agua y los residuos líquidos. En cuanto a aguas residuales, define los límites de vertimiento de las sustancias de interés sanitario y ambiental, permisos de vertimientos, tasas retributivas, métodos de análisis de laboratorio y estudios de impacto ambiental. (Decreto 1594, 1984)
Ley 99 de 1993	Por la cual se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Además, otorga a las Autoridades Ambientales Regionales, la facultad de ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental del uso del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, las cuales comprenderán el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos o gaseosos, en cualquiera de sus formas, al agua, al aire, o a los suelos. (Ley 9, 1979)
Ley 142 de 1994, ley de servicios públicos domiciliarios – LSPD, régimen de los servicios públicos domiciliarios.	Establece la competencia de los municipios para asegurar la prestación eficiente del servicio domiciliario de alcantarillado, que incluye el tratamiento y disposición final de las aguas residuales. Además, define que las entidades prestadoras de servicios públicos domiciliarios deben proteger el ambiente cuando sus actividades lo afecte (cumplir con una función ecológica). (Ley 142, 1994)
Decreto 1600 de 1994	El cual reglamenta parcialmente el sistema nacional ambiental – SINA, en cuanto a los Sistemas Nacionales de investigación Ambiental y de Información Ambiental, define que el IDEAM realizara el manejo de la información ambiental nacional, y la normalización de los procedimientos relacionados con la información ambiental. (Decreto 1600 , 1994)
Ley 373 de 1997, la cual reglamenta el uso eficiente y ahorro del agua	Contribuye a la disminución de aguas residuales, y fomenta el desarrollo del reúso de las aguas residuales como una alternativa de bajo costo que debe ser valorada. (Ley 373 , 1997)
Resolución 372 de 1998, por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos.	La cual establece los valores para DBO ₅ y SST, los cuales se incrementarán anualmente conforme el IPC. (Resolución 372 , 1998)

Tabla 4 (continua)

Norma	Contenido
Resolución 1096 de 2000 - reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS. (Resolución 1096, 2000)	Documento técnico que fija los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico. Para este caso, el RAS en el título E “Tratamiento de aguas residuales”, tiene en cuenta los procesos involucrados en la conceptualización, diseño, construcción, supervisión técnica, puesta en marcha, operación y mantenimiento. (Resolución 1096, 2000)
Ley 715 de 2001	Establece el Sistema General de Participaciones constituido por los recursos que la Nación transfiere a las entidades territoriales. En el rubro de Participación de Propósito General se destinan recursos para agua potable y saneamiento básico, con los cuales al municipio le corresponde promover, financiar o cofinanciar proyectos de descontaminación de corrientes afectados por vertimientos. (Ley 715, 2001)
Resolución 081 de 2001	Por la cual se adopta el formulario para la información relacionada con el cobro de la tasa retributiva y el estado de los recursos naturales. (Resolución 081, 2001)
CONPES 3177 de 2002	Define las acciones prioritarias y los lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales (PMAR), a fin de promover el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico de la Nación. Este documento establece cinco acciones prioritarias enmarcadas en la necesidad de priorizar la gestión, desarrollar estrategias de gestión regional, revisar y actualizar la normatividad del sector, articular las fuentes de financiación y fortalecer una estrategia institucional para la implementación del Plan Nacional de Manejo de aguas Residuales. (Conpes 3177, 2002)
Decreto 1729 de 2002	Por el cual se reglamenta la ordenación de las cuencas hidrográficas bajo liderazgo de la Autoridad Ambiental competente, como un instrumento de planeación del uso y manejo sostenible de los recursos naturales, buscando un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico y social de los recursos naturales renovables y la conservación de la estructura físico biótica de las cuencas hidrográficas, particularmente del recurso hídrico. (Decreto 1729 , 2002)
Decreto 3100 de 2003	Reglamenta los artículos 42 y 43 de la Ley 99 de 1993, respecto a la implementación de tasas retributivas por vertimientos líquidos puntuales a un cuerpo de agua. La tasa retributiva consiste en un cobro por la utilización directa o indirecta de las fuentes de agua como receptoras de vertimientos puntuales y por sus consecuencias nocivas para el medio ambiente. El Decreto establece el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos. (Decreto 3100, 2003)
Ley 142 de 1994	Aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural. La intervención del Estado en los servicios públicos tendrá, entre otros, los siguientes fines: a) garantizar la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico; c) Presentación continua e ininterrumpida, sin excepción alguna; d) Prestación eficiente.

Tabla 4 (continua)

Norma	Contenido
Decreto 3100 de 2003 Decreto 3440 de 2004	Por medio de la cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales, se presentan algunas definiciones, se presenta la forma de calcular la tarifa de las tasas retributivas y de la tarifa regional y se dan algunas especificaciones sobre formas de cobro, análisis de las muestras, recaudo, entre otros aspectos. (Decreto 3100, 2003) y (Decreto 3440 , 2004)
Resolución 1433 de 2004	Por la cual se reglamenta el artículo 12 del decreto 3100 de 2003, sobre los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV. Se establece la definición de los PSMV, los actores involucrados, información que se debe presentar y se dictan las medidas preventivas y sancionatorias. (Resolución 1433 , 2004)
Resolución 2145 de 2005	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV. (Resolución 2145 , 2005)
Decreto 3930 de 2010	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI-Parte 11 –Libro 11 del Decreto – Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. (Decreto 3930, 2010)
Decreto 4728 de 2010	Por el cual se modifica parcialmente el 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. (Decreto 4728, 2010)
Resolución 1207 de 2014	Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas. (Resolución 1207, 2014)
Resolución 0631 de 2015	Por medio del cual se establecen los parámetros y los límites permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. (Resolución 631 , 2015)
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (Decreto 1076 , 2015)

Nota: Elaborada por los Autores con base en la información de las referencias citadas al interior de la tabla

5. Análisis de Alternativas

5.1 Estado de tratamiento de agua residual y tecnologías más comunes según su eficiencia

En los últimos años se han realizado importantes esfuerzos a nivel mundial para incrementar el porcentaje de población con acceso a servicios de saneamiento básicos. A pesar de ello, en la actualidad todavía hay unos 2.600 millones de personas que carecen de estos servicios, es decir, más de un tercio de la población mundial no dispone de acceso al saneamiento. Existen importantes divergencias entre regiones en relación al acceso a este servicio básico. Mientras que en los países desarrollados se considera que toda la población (99 %) dispone de un adecuado saneamiento, en los países en vías de desarrollo, el porcentaje se reduce considerablemente siendo sólo del 52 %. (Molinos, Hernandez y Sala, 2012)

Si centramos el análisis en la distribución regional, se observa que es en el Sureste asiático donde el número de personas sin acceso al saneamiento es mayor. No obstante, también son de destacar las regiones del Este de Asia y África Subsahariana. Una agrupación por continentes muestra que Asia y África concentran el 72 % y 22 % respectivamente de todas las personas sin acceso al saneamiento. Por otra parte, incluso en los países desarrollados hay 15 millones de personas que carecen de servicios de saneamiento (Molinos, Hernandez y Sala, 2012)

En el caso de sistemas de recolección y drenaje de aguas residuales que no cuentan con una planta de tratamiento, situación común en los países en desarrollo, el agua residual es descargada directamente en el medio natural (cuerpo de agua o suelo). En este medio, bajo las condiciones

propias del cuerpo receptor, se realiza hasta cierto grado una autodepuración, mediante operaciones físicas (dilución, mezclado, absorción, etc.), procesos químicos (reacciones químicas de precipitación, por ejemplo) y procesos biológicos (degradación aerobia y anaerobia) (Noyola, A; Morgan, J y Guereca, L, 2013)

De igual forma Noyola, Morgan y Guereca (2013) plantean que debido a que en la gran mayoría de los casos dicha auto purificación es un proceso limitado, el cuerpo receptor no puede degradar la materia orgánica en exceso que le aporta el agua residual. De aquí que se presente como resultado la contaminación del medio y la degradación del equilibrio ecológico del mismo, con los impactos ambientales y a la salud que esto conlleva. Para evitar lo anterior, es necesario instalar como parte del sistema de drenaje urbano, plantas de tratamiento de aguas residuales, ya sea centralizadas “al final del tubo” o distribuidas como plantas menores, ubicadas cerca de puntos de reutilización (riego de áreas verdes, enfriamiento industrial, lavado de autos y calles etc.).

En estos sistemas, los contaminantes contenidos en el agua residual son removidos o transformados por diversos procesos, dando por resultado un agua de mejor calidad, apta para descarga o para reutilización, en función del tren de proceso que integra la planta de tratamiento. Los residuos resultantes del tratamiento, principalmente material retenido en rejilla y desarenador, así como los lodos de desecho, deben ser manejados adecuadamente para evitar impactos ambientales y riesgos a la salud (Noyola, Morgan y Guereca, 2013)



Figura 5. Procesos aerobios. Visualización de los procesos requeridos en el tratamiento biológico de lodos activados. Datos obtenidos de Biopur (2017,p.2)

5.2 Tipos de tratamientos de aguas residuales

Ahora bien, en este apartado se identifican los diferentes tipos de tratamientos de aguas residuales con el objetivo de aportar mayor claridad a la discusión que se viene sosteniendo. En primer lugar, es importante revisar los diferentes tipos de tecnologías en el tratamiento de agua residual procedente de los efluentes municipales con el propósito de evaluar sus niveles de eficiencia, calidad y continuidad para la toma de decisiones en las inversiones que pueda realizar una entidad pública o privada en el cumplimiento de la normatividad ambiental colombiana del recurso hídrico.

5.2.1 Por tipo de proceso. Según Collazos (2008) los procesos de tratamiento se clasifican según aspectos de descripción cualitativa como son físicos y químicos, los cuales dependen del tipo de tecnología que se decida aplicar para realizar el tratamiento de las aguas residuales domésticas

Procesos físicos: Remoción de Material en suspensión, rejillas, trituradores, sedimentador primario, espesadores y filtración.

Procesos químicos: Aplicación de productos químicos para la eliminación o conversión de los contaminantes. Precipitación, adsorción y desinfección.

Se llevan a cabo gracias a la actividad biológica de los microorganismos. Eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables presentes, eliminación de N (Nitrógeno) y P (Fósforo) y producción de gases. (Collazos, 2008)

5.2.2 Por el grado de tratamiento: En este mismo orden de ideas, Arredondo y Zuluaga (2011) plantea que el grado de tratamiento es sustancial al nivel de eficiencia con el cual se desea entregar el caudal de agua tratado al cuerpo receptor; por tanto se pueden clasificar en preliminares, los cuales se caracterizan por retener o eliminar las aquellas partículas visibles o físicas presentes en las aguas residuales y los tratamientos secundarios los cuales se utilizan para eliminar los contaminantes químicos y organolépticos que nos son neutralizado en el tratamiento primario.

5.3 Tratamientos preliminares

Cribado: Rejas o rejillas de barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas. Su función es retener sólidos gruesos que floten o que se encuentren suspendidos en el agua Figura 6. Pueden ser de limpieza manual (gruesas) o de limpieza mecánica (finas) (Arredondo y Zuluaga, 2011).



Figura 6. Cribado o desbaste de gruesos. Datos obtenidos de Satirnet (2015,p1)

Tamices estáticos: Es un filtro utilizado para la separación sólido-líquida en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (E.D.A.R.). Este equipo se instala como pre tratamiento en aguas industriales, con luces de 0,5 a 1 mm, para eliminar los gruesos en industrias papeleras, textiles, de curtidos, lavaderos, conserveras, mataderos y lácteas Figura 7. El tamiz estático también se emplea como tratamiento primario en aguas urbanas, con luces de malla de 1 a 1,5 mm (Aguas del Mare Nostrum, 2017).



Figura 7. Tamices estáticos. Datos obtenidos de Nuevaferia (2017,p.1)

Trituradores de canal: Reduce los sólidos de aguas servidas con sus poderosos trituradores dobles y una avanzada tecnología de barrido. Se emplean para triturar los sólidos gruesos con objeto de mejorar las operaciones y procesos que se llevan luego a cabo y para eliminar los problemas que producen los diferentes tamaños de los sólidos presentes en el agua residual. Los sólidos se trituran para conseguir partículas de tamaño menor y más uniforme. Su empleo resulta especialmente ventajoso en las estaciones de bombeo para la protección de las bombas frente a problemas de obstrucciones producidas por objetos de gran tamaño, y para evitar tener que manejar y eliminar manualmente residuos (Aguamarket, 2017).

Homogenización o tanques de igualación: Son tanques que sirven para regular o disminuir los efectos de la variación del flujo o de la concentración de las aguas residuales. Estos tanques son indispensables en el tratamiento de las aguas residuales industriales y a veces se utilizan en las instalaciones municipales Figura 8. Un tanque de igualación es un depósito con capacidad suficiente para contener el flujo de agua que sobrepasa un determinado valor.



Figura 8. Homogenizadores o Tanques de Igualación. Datos obtenidos de Aireo (2017,p.1)

Desarenadores: Estructuras destinadas a remover arenas y otros guijarros presentes en las aguas residuales. Los desarenadores pueden ser rectangulares o circulares; de flujo horizontal o helicoidal; aireados o no; de limpieza manual o mecánica. Tienen como función prevenir la abrasión de equipos mecánicos, evitar la sedimentación de arenas en tuberías, canales y tanques ubicados aguas abajo.

Sedimentación: La sedimentación es un proceso físico que aprovecha la diferencia de densidad y peso entre el líquido y las partículas suspendidas Figura 9. Los sólidos, más pesados que el agua, se precipitan produciéndose su separación del líquido. La sedimentación primaria aplica para partículas floculentas (con o sin coagulación previa). Los sedimentadores pueden ser circulares o rectangulares.

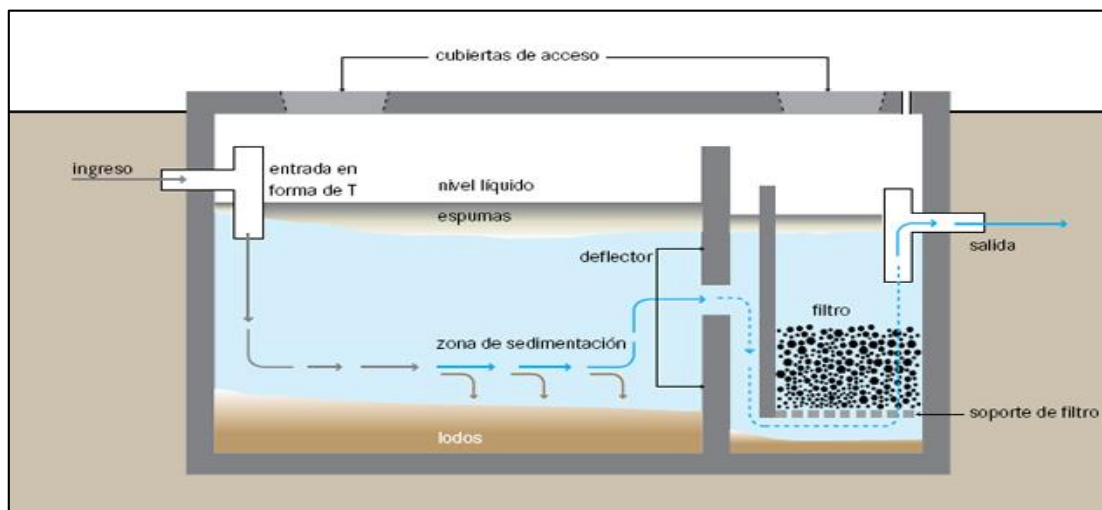


Figura 9. Procesos de Sedimentación y Desarenación en PTARs. Datos obtenidos de Alianza por el agua (2017,p.1)

Flotación: Es un proceso utilizado para la separación de partículas sólidas o líquidas en un medio líquido. En el tratamiento de las aguas residuales se utiliza para remover aceites y grasas y también para aglutinar sólidos suspendidos. La separación se consigue por flotación simple o introduciendo burbujas muy finas de aire en la masa líquida para que arrastren las partículas

suspendidas hacia la superficie (DAF). (Arredondo & Zuluaga, 2011)

Coagulación: Es el proceso por el que los componentes de una suspensión o dilución estables son desestabilizados por suspensión de las fuerzas que mantienen su estabilidad, por medio de coagulantes químicos (Aguilar, 2002)

5.4 Tratamiento secundario

Ahora bien, existen unos tratamientos secundarios que buscan complementar el proceso descrito anteriormente. En esta medida, a continuación, se presentan algunos ejemplos:

Tratamientos secundarios: Remoción de la DBO soluble y de sólidos suspendidos que no son removidos en los procesos anteriores; aproximadamente el 85 % de DBO y SS, aunque la remoción de nutrientes, nitrógeno, fosforo, metales pesados y patógenos es baja. Las reacciones que generan estos procesos son generalmente biológicas. (Arredondo & Zuluaga, 2011)

Lodos activados. Desarrollado por Arden y Lockett en Inglaterra en 1914. El nombre del proceso se deriva de la formación de una masa de "microorganismos activos" capaz de estabilizar un desecho orgánico bajo en condiciones aerobias Figura 10. El ambiente aerobio se logra mediante aireación difusa o mecánica en un tanque de aireación. Después de tratado el residuo en el tanque de aireación, la biomasa es separada en un sedimentador secundario (20). En esencia es la agitación y aireación de una mezcla de agua residual y lodos biológicos, a medida que las bacterias reciben el oxígeno, consumen la materia orgánica del agua residual y la transforma en sustancias más simples. Este caldo bacteriano recibe el nombre de lodo activado. La mezcla de lodos activados y agua residual recibe el nombre de licor mezclado que se lleva a un tanque de sedimentación para su purga. (Arredondo & Zuluaga, 2011)

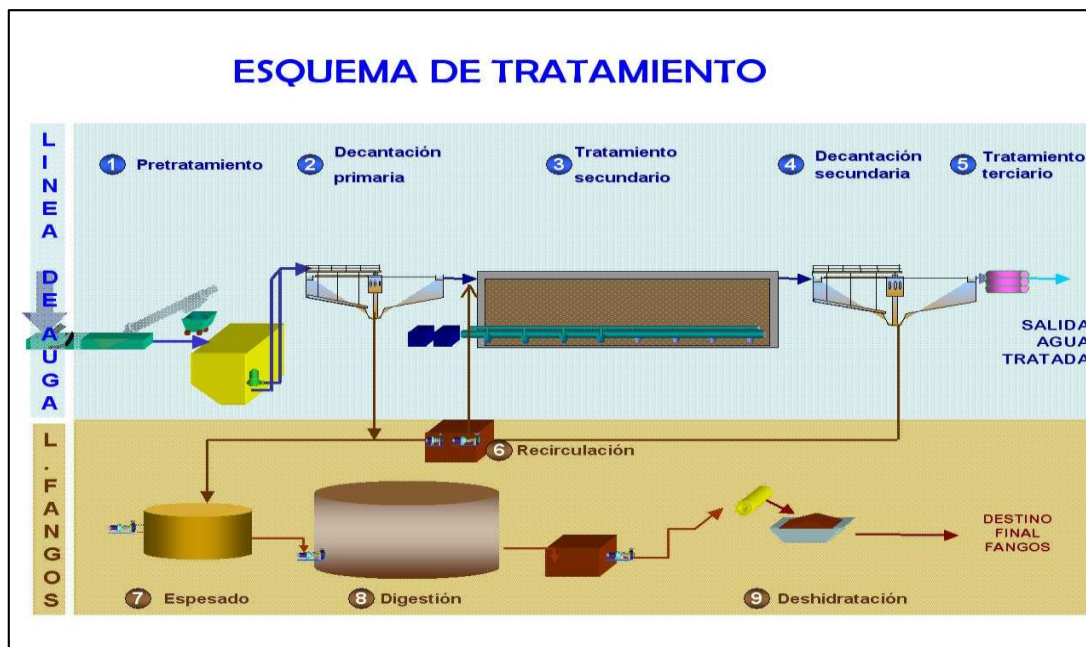


Figura 10. Esquema de tratamiento por método de lodos activados. Datos obtenidos de Jimenez (2014,p.23)

Sistema de biomasa adherida: Los microorganismos se encuentran pegados a un medio de soporte que puede ser de plástico, piedra o cualquier otro material inerte Figura 11. Dependiendo de las condiciones ambientales que rodean el medio de soporte, los sistemas de biomasa adherida pueden ser aerobios o anaerobios. (Collazos, 2008)

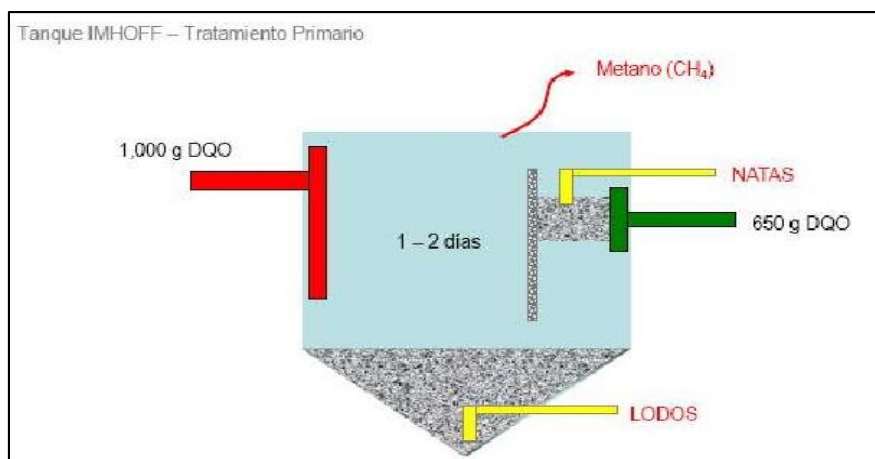


Figura 11. Esquema de tratamiento por método de lodos activados. Datos obtenidos de Jimenez (2014,p.23)

6. Sistemas de Tratamiento más Usados a Nivel Nacional

Los sistemas de tratamiento de agua residual utilizados a nivel nacional serán puestos en contexto en esta sección del trabajo, donde evidenciaremos que la tecnología primaria está basada en la utilización de métodos primarios como es el de pozos o fosas sépticas, pero también se relaciona la tecnología de lodos activados como el principal sistema utilizado a nivel nacional, mediante las plantas o esquemas secundarios de tratamiento.

El primer sistema de tratamiento en la humanidad que se utilizó fue anaerobio: pozo séptico. En 1887 A.N. Talbot de Urbana (Illinois) le colocó baffles a dicho pozo. En 1905 Karl Imhoff, ingeniero alemán separa las dos fases del proceso: sedimentación y digestión. El gran avance fue el proceso de mineralización de lodos en períodos largos de retención, haciendo más segura e inofensiva la disposición. (Arredondo & Zuluaga, 2011). Este sistema en Colombia es que se ha venido utilizando desde décadas y con mayor presencia la ruralidad del país.

A nivel nacional la tecnología más utilizada para el tratamiento de aguas residuales de los centros poblados o cascos urbanos es el de Lodos Activados, ya que como lo cita Noyola, Morgan y Guereca (2013) en su publicación Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales, este proceso ha sido y es uno de los más utilizados en el mundo para el tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico o municipal. Existen alrededor de 13 variantes de lodos activados; los sistemas de flujo pistón, totalmente mezclado de media carga y el de aireación extendida (baja carga) son los más comunes. Una variante particular, es el reactor secuencial por lotes (sequencing batch reactor, SBR) que opera en forma discontinua con las

etapas de alimentación, reacción, sedimentación y vaciado.

La gran ventaja de este sistema es que se lleva a cabo en un solo tanque, el cual cuenta con dispositivos para proveer aeración, mezclado y sedimentación. Este sistema debe contar con al menos dos tanques que funcionen en forma alternada. En los procesos de lodos activados, los microorganismos se encuentran mezclados con la materia orgánica que digirán para reproducirse y sobrevivir. Cuando la masa de microorganismo crece y es mezclada con la agitación introducida al tanque por medios mecánicos o de inyección de aire, ésta tiende a agruparse (floculación) para formar una masa activa de microorganismos denominada lodo activado; a la mezcla de este lodo con el agua residual se llama licor mezclado.

El licor mezclado fluye del tanque de aireación a un clarificador secundario donde el lodo activado sedimenta. Una porción del lodo sedimentado debe ser retornado al tanque de aireación para mantener una apropiada relación sustrato-microorganismo y permitir así una adecuada degradación de la materia orgánica. Debido a que en el tanque de aireación se produce lodo activado por la reproducción de los microorganismos, una cierta cantidad debe ser desechada del sistema con el objeto de mantener constante su concentración en el tanque de aireación, esto es lo que se conoce como lodo de purga (Aguas Residuales, 2008).

Por otra parte, un requerimiento básico del sistema de lodos activados es su adecuada aireación, que puede ser realizada mediante difusores de aire o aireadores mecánicos. En el reactor completamente mezclado, las partículas que entran al tanque de aireación son inmediatamente distribuidas en todo el volumen del reactor logrando una homogeneidad completa en el mismo. La concentración de contaminantes en el reactor es, idealmente, la misma en todo el volumen del reactor y por lo tanto en su salida (Aguas Residuales, 2008).

Por su parte, en el reactor con flujo pistón la concentración de materia orgánica es función

de su ubicación en el tanque, de longitud considerable en comparación con su profundidad y anchura. Este tipo de reactor se puede concebir teóricamente como una sucesión infinita de tanques totalmente mezclados con volumen diferencial que le confieren una mayor eficiencia en la remoción de contaminantes. El reactor con aireación extendida es similar a uno completamente mezclado excepto en el tiempo de retención hidráulica y celular que es mayor para permitir la digestión del lodo por medio de la respiración endógena.

En estos sistemas, se prescinde del sedimentador primario, de forma que la totalidad de la materia orgánica es recibida en el tanque de aeración. La baja carga orgánica y el largo tiempo de residencia de lodos, características de esta variante, permiten alcanzar la estabilización del lodo, mediante un proceso similar al de la digestión aerobia, realizado en forma simultánea al consumo de la materia orgánica del influente.

Ahora bien, la ventaja de esta variante es que simplifica considerablemente el manejo de lodos, aspecto importante sobre todo en pequeñas plantas de tratamiento. La desventaja inherente es que el costo por energía eléctrica es mayor por unidad de agua tratada en comparación con la variante convencional o completamente mezclada. Cabe señalar, que en años recientes se ha desarrollado tecnología que permite incorporar las ventajas de la biomasa fija a los sistemas de lodos activados. Esta consiste en colocar dentro del tanque de aireación material de empaque de talla pequeña (piezas de 1 a 2 cm de lado o diámetro) y de densidad semejante a la del agua, en un 30 a 40 % del volumen de dicho tanque. Este empaque, que sirve de soporte para la adhesión de microorganismos, se mantiene en suspensión en el licor mezclado por lo cual se mueve en conjunto con él en todo el volumen de aireación.

El empaque permite concentrar el microorganismo en el licor mezclado, lo cual hace que el sistema absorba picos orgánicos con mayor facilidad y permita un diseño de tanques con menor

volumen. A este sistema se le ha llamado reactor biológico de cama móvil o MBBR por sus siglas en inglés (Moving Bed Bio-Reactor).

6.1 Tipos de sistemas de tratamiento primario y secundario utilizados a nivel nacional

Para continuar con la discusión se precisa hacer una presentación *grosso modo* de los tipos de sistemas de tratamientos tanto primarios como secundarios que son mayormente utilizados a nivel nacional. Todo esto con el fin de ejemplificar el funcionamiento de un sistema de tratamiento de agua a partir de las diversas características según el tipo.

6.1.1 Plantas de tratamiento. Es un conjunto de obras civiles y procedimientos físicos y químicos que buscan dar tratamiento primario y/o secundario a los efluentes de aguas residuales antes de ser entregadas a los cuerpos de agua; estas plantas se caracterizan por sus niveles de eficiencia según el alcance técnico y tecnología utilizada.

6.1.2 Sistema anaeróbico. Proceso simple y sencillo de operar, aplicable en pequeña, mediana y gran escala, para residuos industriales y domésticos. Presenta una baja producción de lodos (estabilizados), un bajo o nulo consumo de energía (eventualmente bombeo), son instalaciones compactas que demandan poco espacio. Constituyen una fuente de energía alternativa (CH_4) y permiten la aplicación de elevadas cargas orgánicas (superiores a 30 kg DQO/m³día). El lodo anaerobio puede permanecer sin alimento mucho tiempo y el arranque de los reactores es rápido con una apropiada inoculación. Sin embargo, emite olores desagradables (H_2S), tiene una sensibilidad a bajas temperaturas, al cambio brusco de pH y a la presencia de oxígeno disuelto. Es lento el proceso de arranque y por ello largos períodos para estabilización (inóculos). Calidad de efluente inferior a los procesos aeróbicos, por eso se requiere un post

tratamiento para cumplir con los niveles de calidad usualmente exigidos. Algunos subproductos provocan corrosión en las estructuras del sistema.

Tradicionalmente la digestión anaerobia ha sido utilizada para la estabilización de lodos primarios y secundarios en las plantas convencionales municipales. Las principales aplicaciones de la tecnología anaerobia se presentan en residuos industriales con alta carga contaminante, por el beneficio que reporta en términos de ahorro energético. Los procesos de estabilización anaerobia también se han venido utilizando para el tratamiento directo de residuos líquidos, especialmente como tratamiento primario. Es recomendado este tipo de tratamiento en la industria alimenticia de destilerías, cervecerías, refinerías de azúcar, industria láctea, procesamiento de frutas, mataderos, jugos y refrescos y de enlatados y conservas. En la industria de pulpa y papel, química, textil, farmacéutica y petroquímica.

Los reactores anaerobios se clasifican de manera similar a los procesos aerobios: Existen reactores de biomasa en suspensión y reactores de biomasa adherida. Igualmente existen reactores de baja carga y reactores de alta tasa. Otra manera de clasificarlos es con base en el proceso evolutivo: primera generación, segunda generación y tercera generación. Normalmente los pos tratamientos más utilizados son sistemas aerobios: Lodos activados, filtros percoladores y lagunas de estabilización. (Collazos, 2008).

6.1.3 Sistema aeróbico. El proceso básico de tratamiento es proporcionar un medio de alto contenido de oxígeno para que los organismos puedan degradar la porción orgánica del desecho a dióxido de carbono y agua en presencia de oxígeno. No ha sido posible en pequeña escala. Son similares a los sistemas sépticos o anaeróbico en cuanto a que los dos usan procesos naturales para el tratamiento del agua residual. Las unidades de tratamiento aeróbico, usan un mecanismo de inyección y circulación de aire dentro del tanque de tratamiento. Los sistemas aeróbicos usan

procesos de tasas más rápidas, lo cual permiten que loguen una mejor calidad del efluente. El efluente puede ser descargado en forma subsuperficial como en los campos de infiltración de los tanques sépticos, o algunas veces descargados directamente a la superficie. (United States Environmental Protection Agency, 2000)

6.1.4 Floculación iónica. No requiere ningún insumo químico ni orgánico. El tiempo de proceso de potabilización es muy rápido (4 horas). Trata de manera eficiente residuos orgánicos e inorgánicos. Trabaja a cualquier temperatura, grado de saturación, acidez o alcalinidad. Utiliza energía eléctrica de bajo voltaje (tipo casa habitación). Los costos de Instalación, operación y mantenimiento son muy bajos. Las plantas de tratamiento son modulares y pueden ser pequeñas y portátiles, o de las dimensiones que se requieran, ocupan menos del 50 % de la superficie de terreno que las plantas actuales.

6.1.5 Lagunas de oxidación o de estabilización. Es una pileta de tierra poco profunda de 1 a 2 metros, que se utiliza para el tratamiento biológico de diversos efluentes municipales e industriales. Las condiciones del estanque varían de aerobia a facultativas (en parte aeróbica, en parte anaeróbicas), y hasta anaeróbicas, dependiendo del suministro de aireación complementaria, de la profundidad del estanque y del grado de mezcla natural o inducida. Casi todos los estanques son facultativos, aquí los sólidos sedimentables retenidos sufren descomposición aerobia en el fondo del estanque que los residuos orgánicos solubles son transformados en CO_2 y agua para las bacterias aerobias de los niveles superiores. Las algas fotosintéticas utilizan CO_2 y producen oxígeno para las bacterias (una relación simbiótica). Es difícil eliminar las algas de los estanques de oxidación ya que tienden a escapar con el efluente, con lo cual provocan que la DBO y los sólidos suspendidos de los efluentes excedan los límites de descarga (Heinke, Glynn & Gary, 1999).

6.1.6 Humedales. Se consideran humedales, las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanente o temporal, estancado o corriente, dulce, salobre o salado, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Los sistemas naturales de tratamiento (SN) están surgiendo como alternativas de bajo costo, fáciles de operar y eficientes en comparación con los sistemas de tratamiento convencional para una amplia gama de aguas residuales. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales basados en macrófitas acuáticas (plantas que crecen en suelos saturados de agua) tienen una función vital en relación con la depuración del agua residual. Los humedales están entre los ecosistemas más importantes de la tierra por sus condiciones hidrológicas, y porque constituyen un enlace entre sistemas terrestres y acuáticos. Un humedal artificial (Wetland) es un sistema complejo de medio saturado, diseñado y construido por el hombre, con vegetación sumergida y emergente y vida animal acuática que simula un humedal natural para el uso y beneficio humano.

6.1.7 De flujo superficial. Los sistemas de humedales se describen típicamente por la posición de la superficie del agua y/o el tipo de vegetación presente. La mayoría de los humedales naturales son sistemas de flujo libre superficial en los cuales el agua está expuesta a la atmósfera; estos incluyen a los fangales (principalmente con vegetación de musgos), las zonas pantanosas (principalmente de vegetación arbórea), y las praderas inundadas (principalmente con vegetación herbácea y plantas macrófitas emergentes). En el caso de los humedales FLS esos sustratos son las porciones sumergidas de las plantas vivas, los detritos vegetales, y la capa béntica del suelo. (Conil)

6.1.8 Subsuperficial. Los humedales de flujo subsuperficial (HFS) se diseñan y construyen para que el agua fluya a través de la zona radicular de la vegetación y por lo tanto no presentan

una superficie libre de flujo. Este sistema consiste en una excavación que contiene un lecho de material filtrante que generalmente es grava, el cual soporta el crecimiento de la vegetación emergente. En esencia, un humedal de flujo subsuperficial se clasifica como un sistema de tratamiento de película fija (Metcalf and Eddy, 1991), los contaminantes en los sistemas con macrófitas son removidos por una variedad compleja de procesos biológicos, físicos y químicos, incluyendo sedimentación, filtración, adsorción en el suelo, degradación microbiológica, nitrificación y de nitrificación, decaimiento de patógenos y metabolismo de las plantas. Las macrófitas remueven contaminantes por asimilación directa dentro de sus tejidos, además proveen superficie de contacto y un ambiente adecuado para que los microorganismos transformen los contaminantes y reduzcan sus concentraciones.

La transferencia de oxígeno dentro de la zona radicular es otro proceso que contribuye a la remoción de contaminantes por la creación de un ambiente aerobio para algunas poblaciones bacterianas. El medio filtrante de los HFS puede ser cascajo de piedra, grava, diferentes tipos de suelo o sustratos enriquecidos, que soportan el crecimiento de vegetación emergente. El agua fluye horizontalmente a través de las raíces de las plantas y el medio filtrante, luego el efluente tratado es recolectado en un canal de salida o tubería. (Varon, Peña, Meike & Madera, 2003).

6.1.9 Trampas de grasas. Es el sistema de tratamiento primario de aguas residuales industriales. Allí se realiza una separación por diferencia de densidades, haciendo que el agua contaminada con el hidrocarburo que entra a la trampa se separe, permitiendo que al alcantarillado o corriente superficial se descargue agua en los límites permisibles por las normas ambientales. En el artículo 154, de la Resolución 1096 de 17 de noviembre de 2000 se definen como tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior. No lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al

de un tanque séptico. Recibe nombres específicos según al tipo de material flotante que vaya a removerse. El diseño debe realizarse de acuerdo con las características propias y el caudal del agua residual a tratar, teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento mínimo expresada en kg. de grasa debe ser de por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño (caudal máximo horario) expresado en litros por minuto. El tanque debe tener 0.25m^2 de área por cada litro por segundo, una relación ancha/longitud de 1:4 hasta 1:18 y una velocidad ascendente mínima de 4mm/s . (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

6.1.10 Fosas sépticas. Las fosas sépticas se utilizan para el tratamiento de las aguas residuales de familias que habitan en localidades que no cuentan con servicio de alcantarillado o que la conexión al sistema de alcantarillado les resulta costosa por su lejanía. El uso de tanques sépticos se permite en localidades rurales, urbanas y urbano-marginales. Uno de los principales objetivos del diseño de la fosa séptica es crear dentro de esta una situación de estabilidad hidráulica, que permita la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas. Los sólidos sedimentables que se encuentren en el agua residual cruda forman una capa de lodo en el fondo del tanque séptico.

Las grasas, aceites y demás material ligero tienden a acumularse en la superficie donde forman una capa flotante de espuma en la parte superior y la capa de lodo sedimentado en el fondo. El líquido pasa por el tanque séptico entre dos capas constituidas por la espuma y los lodos. La materia orgánica contenida en las capas de lodo y espuma es descompuesta por bacterias anaerobias, y una parte considerable de ella se convierte en agua y gases más estables como dióxido de carbono, metano y sulfuro de hidrógeno.

El lodo que se acumula en el fondo del tanque séptico está compuesto sobre todo de hilachas provenientes del lavado de prendas y de lignina, la cual hace parte de la composición del papel

higiénico, aunque estos materiales lleguen a degradarse biológicamente, la velocidad de descomposición es tan baja que éstas últimas se acumulan. Las burbujas de gas que suben a la superficie crean cierta perturbación en la corriente del líquido. La velocidad del proceso de digestión aumenta con la temperatura, con el máximo alrededor de los 35°C. El líquido contenido en el tanque séptico experimenta transformaciones bioquímicas, pero se tiene pocos datos sobre la destrucción.

El efluente de los tanques sépticos es anaerobio y contiene probablemente un número elevado de agentes patógenos, que son una fuente potencial de infección, no debe usarse para regar cultivos, no descargarse en canales o aguas superficiales sin permiso de la autoridad sanitaria de acuerdo al reglamento nacional vigente. Los elementos básicos de una fosa séptica son: el tanque séptico y el campo de Oxidación; en el primero se sedimentan los lodos y se estabiliza la materia orgánica mediante la acción de bacterias anaerobias, en el segundo las aguas se oxidan y se eliminan por infiltración en el suelo.

6.2 Sistemas de tratamiento más usados a nivel regional

Dentro del contexto regional se tiene el Departamento de Cundinamarca y el Distrito Capital, donde se han adelantado varios procesos en el tratamiento de aguas residuales que tienen como principal método el de Lodos Activados, casos concretos son el de la PTAR Salitre, proyecto PTAR Canoas y otras como las de los municipios de la sabana de Bogotá. (Gobernacion de Cundinamarca, 2017).

Desde el Departamento de Cundinamarca se ha evidenciado un avance significativo dentro de los municipios de la cuenca del Río Bogotá. Asimismo, según el Informe de Avance de las

Acciones hechas desde la Gobernación de Cundinamarca, para dar cumplimiento al marco del fallo de segunda instancia de la Acción Popular No.25000-23-27-000-2001-90479-01, y al Oficio 002481 de julio 10 de 2017 de 2017 se tiene que en los municipios ubicados en la cuenca alta del Río Bogotá, se ha realizado el diagnóstico del estado y las necesidades de optimización de las PTAR, así mismo se han priorizado las acciones pertinentes para lograr la viabilidad de los proyectos de construcción de las Plantas Nuevas y optimización de las existentes que así lo requieran.

De los 18 municipios de la Cuenca alta, Suesca, Cogua y Chía no se encuentran vinculados al Plan Departamental de Aguas, por lo tanto, Empresas Publicas de Cundinamarca S.A E.S.P. no puede realizar gestión para éstas PTAR.

Empresas Publicas de Cundinamarca S.A E.S.P ha priorizado las acciones pertinentes para la viabilidad de los proyectos ante los mecanismos de nacionales y departamentales, toda vez que para la cofinanciación de las obras de construcción se requiere dar cumplimiento a lo establecido en Decreto 1077 de 2015 (Decreto 2246 de 2012 PAP-PDA), así como en la Resolución 1063 de 2016 MVCT, que establece, integra, ajusta y modifica los criterios y requisitos de presentación, aprobación, viabilidad y reformulación de los proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico, por tanto se ha teniendo en cuenta las exigencias legales, financieras y técnicas que rigen el sector de agua potable y saneamiento básico, así como las condiciones actuales para su materialización. Por lo que se ha evidenciado que los aspectos más relevantes en la presentación de este tipo de proyectos los municipios deben tener saneados los siguientes aspectos:

- Legalización de predios y servidumbres, acreditar los soportes.
- Permisos ambientales (permiso de vertimientos, permiso de ocupación de cauce, PSMV aprobado)

A continuación, se presenta el listado de los municipios de cuenca alta de Río Bogotá de acuerdo con la sentencia y las actividades en ejecución y proyectadas para la construcción de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

Empresas Publicas de Cundinamarca adelantó durante 2014 los diagnósticos técnicos de las plantas de tratamiento de aguas residuales de veinte municipios de la cuenca del Río Bogotá (Anapoima, Cajicá, Facatativá, Madrid, Mosquera, Chocontá, El Rosal, Gachancipá, La Calera, Subachoque, Tenjo, Zipaquirá, Bojacá, Cogua, Funza, Guatavita, Nemocón, Tabio, Suesca, Tocancipá), y prevé continuar con las labores de fortalecimiento a través de la Dirección de Aseguramiento de la Prestación con el fin de apoyar el mejoramiento operacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, por parte de los prestadores. En cuanto a la asistencia técnica y administrativa, desde la Dirección de Aseguramiento a la Prestación de Empresas Publicas de Cundinamarca S.A E.S. P, se han realizado visitas de apoyo a las empresas prestadoras y municipios prestadores del servicio, con el objeto de Mejorar la calidad del servicio, que se apliquen buenas prácticas sanitarias y Mejoramiento del Saneamiento Básico, en cuanto a la adecuada operación de las PTAR.

7. Metodología

En este proceso de investigación se identifica cada una de las partes que caracterizan la realidad en cuanto a los vertimientos líquidos y se explica los componentes del problema, por lo cual el método a seguir es el analítico que consiste en observar cada una de las partes que caracterizan una realidad. (Niño, 2000).

7.1 Enfoque

La presente investigación es cualitativa porque describe los diferentes sistemas de tratamiento de agua residual que están siendo usados tanto a nivel nacional como regional; utilizando fuentes de información primaria y secundaria, como también remitiéndonos a las instituciones municipales y departamentales donde se cuenta con niveles de información verídicos sobre el estado actual y real de la disposición de los residuos líquidos provenientes de los sistemas de alcantarillado municipal y sus impactos en el recurso hídrico y cuantitativa ya que se pretende identificar un sistema el cual cumpla los niveles de eficiencia y remoción de contaminantes, según la características propias del municipio de Silvania, En un sentido holgado, la investigación cualitativa puede definirse como una metodología que produce datos descriptivos a partir de una conducta o fenómeno observable.

Al respecto, Taylor y Bogdan (1986) plantean que tiene un carácter inductivo puesto que los investigadores comprenden y desarrollan conceptos partiendo de unas pautas de datos y estos no son recogidos para verificar hipótesis previas. Además, cuentan con un diseño flexible y parten

de un interrogante formulado: se persiguen lineamientos orientadores, pero estos no son considerados como una regla. En otras palabras, el investigador no está subordinado a un procedimiento o técnica.

De igual manera, hay que señalar que los resultados se interpretan desde la realidad de la situación a investigar, con el análisis de antecedentes inmerso en el entorno, para así poder discernir el problema de investigación, por lo tanto, no se trata de generalizaciones, sino que la información es sensible a la significación, descripción y definiciones situadas en un ambiente concreto. En este sentido, no se trata de garantizar la verdad sino de analizar un fenómeno en particular tomando en cuenta las partes que lo componen: al estudiar una problemática en su escena es posible comprender lo sucedido como para elaborar un constructo operable que permita establecer posibles soluciones. Lo que se pretende desde la investigación cualitativa es descubrir relaciones causales que permitan describir un acontecimiento.

En lo que se refiere al enfoque, esta investigación estará determinada mediante el método cualitativo, ya que este permite realizar investigación formativa, como también se basa en la recolección de información mediante instrumentos básicos como revisión bibliográfica, entrevistas, estudio de caso, observación directa, análisis de grupos focales entre otros; siendo así la metodología más aplicada para determinar un estudio asertivo en la problemática presentada por el vertimiento directo de los residuos líquidos producidos en el municipio de Silvania y en la selección de una tecnología para minimizar los niveles de contaminantes al momento de ser entregados a la fuente receptora que para este caso es el Río Subía.

7.2 Tipo de Investigación

Descriptivo: se diagnosticará y evaluará la situación actual del manejo y disposición final de los Residuos Líquidos Urbanos, generados por los habitantes del municipio de Sylvania, que determine los niveles de contaminación que en la actualidad se está aportando a la fuente hídrica Río Subía; para así realizar una revisión al detalle, que permita la identificación de los sistemas más utilizados en el contexto regional como nacional, como también de la evaluación de un caso exitoso de tratamiento de aguas residuales con características similares a las vertidas al Río Subía por el sistema de alcantarillado municipal, con el propósito de evaluar la calidad del sistema utilizado como también de los niveles de remoción de la carga contaminante en el cuerpo de agua. En este sentido, (Hernandez, Fernández y Baptista (2010) especifican que este tipo de investigaciones buscan especificar las propiedades y características de un fenómeno que ha sido sometido a un análisis. En estos estudios el investigador debe estar en capacidad de definir los conceptos a medir, así como los datos que se desean recolectar. En síntesis, lo que se pretende con este tipo de investigaciones es buscar escribir propiedades, características y rasgos importantes de un fenómeno.

7.3 Instrumentos

Los instrumentos a utilizar dentro del proceso de investigación para el cumplimiento de los objetivos específicos propuestos son los siguientes:

Objetivo No 1

- Revisión de material bibliográfico. Se realizara una revisión detallada de fuentes

bibliográficas que se documente sistemas de tratamiento de agua residual más utilizados en Colombia, con sus niveles de eficiencia y eficacia, como también de revisión de experiencias exitosas de aguas residuales tratadas y de la mitigación de los impactos al recurso hídrico; esto se realizara mediante la consulta directa a páginas electrónicas que esbozen la problemática de los vertimientos líquidos en Colombia, como también de la consulta en las entidades territoriales con injerencia en el municipio, como CAR, Gobernación y Alcaldía Municipal a fin de establecer un marco teórico amplio y que facilite el análisis de impactos y de sistemas más usados en el tratamiento de dichos residuos líquidos y sus niveles de eficiencia y eficacia.

- Visitas a las entidades territoriales. Se visitará a las entidades territoriales de orden Nacional, Departamental y municipal, como la Alcaldía, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Silvania, Gobernación, Corporación Autónoma y demás, a fin de poder recopilar información relevante en cuanto a los sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados con mayor eficiencia

Objetivo No 2

- Revisión de análisis de los vertimientos líquidos existentes. Se realizará un análisis de los resultados de laboratorio de los vertimientos del casco urbano del municipio de Silvania realizado por el sistema de alcantarillado; con que se cuenta dentro de las Instituciones Municipales Dicha información será solicitada ante la Empresa de Acueducto y Alcantarillado, o anterior para conocer las concentraciones de los contaminantes como DBO, DQO y SST.

- Observaciones de campo. Las observaciones de campo están relacionadas con una visita técnica al área de ronda del Río Subía comprendiendo las dos márgenes en el casco urbano del municipio de Silvania, allí se podrá observar las diferentes descargas del sistema de alcantarillado del municipio de Silvania a la fuente hídrica río Subía.

Objetivo No. 3

- Entrevistas. Se ha programado realizar entrevistas a funcionarios del orden municipal y departamental para conocer el estado de avance de las obras de saneamiento básico y la perspectiva en cuanto a la solución de la problemática del vertimiento directo de las aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado al cauce del río Subía; esto es al Jefe de Planeación Municipal, Gerente de la Empresa de Acueducto de Silvania y Secretario de Ambiente de Cundinamarca. alcantarillado (Ver formato de encuesta en el anexo B).

Para la selección de alternativas se propondrá un análisis de decisión multicriterio de acuerdo con las variables priorizadas. En un principio se considerará análisis jerárquico para la selección, sin embargo, esto dependerá de la información disponible.

7.4 Caso práctico exitoso

Para verificar si el sistema de lodos activados propuesto para el tratamiento de las aguas residuales del casco urbano del municipio de Silvania es eficiente, se realizaron consultas en la Dirección Regional Sumapaz de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, y en las Oficinas de Planeación Municipal de los municipios vecinos, donde se encontró que en la Inspección de Chinauta del municipio de Fusagasugá, durante el año 2017, se construyó una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante el sistema de lodos activados por parte de la compañía Soluciones Integrales Ambientales y Empresariales SIAEM SAS, la cual fue construida en el predio Tierra Alta – Majayura de propiedad de la ASOCIACIÓN RAWLINGS TIERRALTA COLOMBIA. Dicha planta entro en operación el 30 de septiembre de 2017, donde al cabo de 2 meses de su puesta en marcha se realizó una caracterización de las

aguas residuales tratadas, donde se pudo establecer que la planta cumple con los parámetros de vertido indicados en el artículo 8 de la Resolución 631 de 2015.

A continuación, se presenta un análisis de los principales parámetros de las aguas que genera la Asociación antes de ingresar a la planta, después de salir de la planta y un comparativo frente a la norma de vertimientos.

Tabla 4. Análisis de eficiencia caso exsisto implementación sistema de lodos activados.

Parámetro	Unidades	Agua residual cruda	Agua residual tratada	Resolución 0631 de 2015 Capítulo 5 art. 8 Correspondientes a aguas Residuales domésticas.	Cumplimiento	
					SI	NO
DBO ₅	mg/L	369	<2	200	x	
DQO	mgO ₂ /L	965,8	82	N/A	x	
GRASAS Y ACEITES	mg/L	46	< 10	20	x	
NITRATOS	mg N-NO ₃ /L	0,95	12,8	N/A	x	
NITRITOS	mg N-NO ₂ / L	<0,05	0,07	N/A	x	
PH	Unidades	7,8	7,12	06 - 09 unidades	x	
SOLIDOS SEDIMENTABLES	mg/L	0,55	<0,1	5		
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	117	38	100	x	
TEMPERATURA	°C	28	27,3		x	
TENSOACTIVOS (SAAM)	5,55	mg/L SAAM	0,76	N/A	x	

Nota: Elaborada por los Autores

De lo anterior se puede afirmar que el sistema de tratamiento de lodos activados presenta una eficiencia que oscila entre el 90 al 95% de remoción de la carga contaminante, lo cual lo convierte en la mejor alternativa para tratar las aguas residuales domésticas generadas en el casco urbano del municipio de Sylvania, más si se tiene en cuenta que el sistema implementado en el predio Tierra Alta – Majayura de propiedad de la ASOCIACIÓN RAWLINGS TIERRALTA COLOMBIA, se localiza en el área de influencia del municipio de Sylvania, con similares

condiciones climatológicas e hidrográficas que podrían garantizar que el tratamiento mediante los lodos activados es el indicado para entregar los vertimientos bajo los parámetros exigidos por la normatividad colombiana.

Es de resaltar que para que el sistema de tratamiento por lodos activados sea eficiente es fundamental operar correctamente la infraestructura dispuesta para ello, realizarles los mantenimientos programados a los equipos, llevar estrictos controles al proceso de tratamiento, entrenar al personal que opera el sistema, de lo contrario se convertirá en foco de contaminación donde la solución puede resultar un problema para el responsable del tratamiento.

8. Descripción del Área de Estudio

8.1 Descripción de la generación de aguas residuales del municipio de Silvania

El crecimiento del casco urbano de Silvania ha generado a través de los años la construcción sin planificación de sistemas aislados de alcantarillado que buscaron dar una solución inmediata al problema de manejo, evacuación y disposición de las aguas residuales y pluviales. Esta situación dificulta en la actualidad precisar el recorrido de la red total y no existe un catastro detallado de redes y componentes del sistema de alcantarillado; lo cual dificulta la definición de alternativas, planes y programas que permitan desarrollar proyectos de optimización operacional y funcional del sistema bajo criterios de eficiencia técnica y económica.

Asimismo, el plan maestro de alcantarillado para el área urbana de Silvania con el fin de mejorar las condiciones de recolección y transporte de las aguas residuales y promover el saneamiento de corrientes y quebradas receptoras de vertimientos, plantea la necesidad de realizar un plan de reposición y expansión de las redes de alcantarillado sanitario; sin embargo, la definición óptima de nuevos trazados, interconexiones, diámetros, pendientes y áreas de influencia que garanticen no solamente la reposición sino la mayor eficiencia hidráulica y funcional en el corto, mediano y largo plazo de las áreas de reposición y de todo el sistema con los menores costos, requiere del soportes o herramientas tecnológicas para la toma de decisiones tales como el catastro de redes y componentes del sistema y su modelación hidráulica; herramientas con las cuales no cuenta el municipio (Alcaldía de Silvania, Cundinamarca., 2005).

- El sistema de alcantarillado de Silvania es demasiado antiguo, fue construido entre los años 1940 y 1960, se estima que la mayor parte de sus colectores ha cumplido su vida útil, presentan daños y requieren su reposición.
- Uno de los problemas más críticos del sistema de alcantarillado es el rebosamiento de los pozos de inspección “*Over Flow*” en épocas de invierno debido a la falta de capacidad de evacuación de las redes, la obstrucción de pozos y colectores, la falta de mantenimiento y la deficiente operación algunos tramos en contra pendiente.
- La cobertura de redes de alcantarillado en el casco urbano de Silvania se estima que alcanza 84.7 %, siendo necesario la construcción de nuevos colectores que permitan ampliar la cobertura del servicio.
- El sistema de alcantarillado genera vertimientos continuos sin ningún tipo de tratamiento de aguas servidas a lo largo de los cuerpos de agua, especialmente del río Subía que atraviesa el casco urbano, provocando su contaminación, el desencadenamiento de brotes de enfermedades generadoras de problemas de salud pública, limitando la utilización del recurso hídrico a usuarios actuales y potenciales localizados aguas abajo, constituyendo un elemento negativo de desaprobación por parte de los habitantes del municipio y generando el incumplimiento de la normatividad ambiental en cuanto a la implementación de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos herramienta fundamental para el uso racional del recurso agua.

La red de alcantarillado del municipio de Silvania está compuesta por tuberías de concreto, gres y PVC de diámetros que van desde 6” a 36” y la longitud aproximada de la misma es de 12.4 km según lo identificado en el Plan Maestro de Alcantarillado Tabla 5. Esta red transporta tanto aguas residuales del municipio como las aguas pluviales del mismo.

Tabla 5. Características de la red de alcantarillado del municipio de Sylvania.

Material	Diámetro (in)	Longitud (m)
Concreto	8	2,149.00
Concreto	10	256.40
Concreto	12	506.00
Concreto	16	355.50
Concreto	18	41.20
Concreto	20	458.00
Concreto	24	157.10
Concreto	36	334.90
GRES	6	22.30
GRES	8	3,765.60
GRES	10	3,152.60
GRES	12	942.90
GRES	16	106.00
PVC	10	30.60
PVC	12	10.90
PVC	14	35.90
PVC	16	65.30
TOTAL		12,390.20

Nota: Datos obtenidos de Alcaldía de Sylvania, Cundinamarca. (2005, p.23)

En cuanto a las características físicas de la red, existe un solo tramo (colector CO-37 correspondiente al tramo del pozo PZ-27C al pozo 26) con diámetro menor al mínimo (colector de 6" de diámetro) recomendado por el RAS 2000 el cual hay que evaluar en cuanto a capacidad y analizar la necesidad de su cambio en la etapa de diseño. Igualmente, es posible observar que la gran mayoría de las tuberías que componen este sistema están elaboradas en Gres (arcilla vitrificada, Adicional al diámetro y a los materiales de las tuberías que componen la red, se deben analizar las pendientes en la misma.

8.2 Análisis físico químico de las aguas residuales del municipio de Sylvania

Dentro del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del Municipio de Sylvania, elaborado por el Consorcio SES ARQ, en el año 2013, se pueden identificar claramente los 12 puntos de vertimientos que tiene el casco urbano del municipio de Sylvania, Figura 12.



Figura 12. Ubicación geográfica puntos de vertimientos. Datos obtenidos de Google Eart (2017)

El Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos para el municipio de Sylvania, Tabla 6 preciso lo siguiente:

Tabla 6. Alcance del Plan de Saneamiento y manejo de vertimientos

PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS	PSMV
F-2	ALCANCE
El Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos formulado para el área urbana del municipio de Silvania, contemplará la adecuada recolección, transporte y disposición final de las aguas residuales en el área urbano, mediante la reposición y expansión de redes de alcantarillado, eliminación de conexiones erradas, manejo ambiental de fuentes hídricas, control de vertimientos, diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales, cumpliendo con metas establecidos por la Autoridad Ambiental, garantizando a la vez calidad y continuidad del servicio de alcantarillado a los usuarios.	
En cumplimiento del PSMV se planteó una serie de programas y proyectos, que direccionan las acciones a realizar, los cuales se ejecutaran en un horizonte de corto, mediano y largo plazo, con el fin de lograr la implementación del PSMV, logrando los objetivos, metas de calidad e indicadores de seguimiento. Acompañado de una campaña de educación, creando que la comunidad concientización e implementación del Plan de Ahorro y Uso Eficiente de Agua.	
Para la formulación del documento, se articuló con la información disponible sobre calidad y uso de las corrientes, tramos o cuerpos de agua receptores de los vertimientos urbanos del municipio, los criterios de priorización de proyectos definidos en el Reglamento Técnico del sector RAS 2000, del Plan de Ordenamiento, entre otros.	

Nota: Datos obtenidos de Alcaldía de Silvania, Cundinamarca (2013,p.15)

Es claro que dentro de los instrumentos de planificación ambiental como es el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV y el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, el municipio de Silvania a considerado la importancia de construir un sistema de alcantarillado con caudales separados, un colector de aguas negras que conduzca estas al sistema de tratamiento final, el cual permita remover los contaminantes y así poder entregar un caudal de aguas tratadas a la fuente receptora río Chocho, el cual recibe las aguas del río Subía.

Por lo tanto, consideramos de vital importancia las actividades de planeación que adelanta el municipio en cuanto al sistema de alcantarillado ya que direcciona las acciones a desarrollar en materia de saneamiento básico y permite identificar el orden de prioridades en la construcción de las obras de este sector.

En el documento PSMV, delimita en su Plan de Acción el orden de prioridades de la construcción de estas obras donde recomienda, realizar las obras de cambio de redes, conducción

y luego el sistema de tratamiento de las aguas servidas, esto con financiación de recursos del Plan Departamental de Aguas, ya que el municipio de Silvania se encuentra vinculado desde el año 2008 con una pignoración del 60% de los recursos asignados por el Sistema General de Participaciones SGP, por tanto no se descarta esta financiación con estos recursos pero por el costo de las obras se requiere de la gestión adicional en cabeza del municipio con entidades del orden regional y nacional, como la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) para el caso específico de la Planta de Agua Residual (PTAR).

8.3 Análisis Físico - Químico Vertimientos Puntuales Sistema de Alcantarillado Zona Urbana, Municipio de Silvania

Con la ayuda del Laboratorio Ambiental de la Corporación Autónoma regional de Cundinamarca CAR, el Consorcio SES ARQ, en el año 2013, realizo la caracterización Físico Química de los Vertimientos Puntuales que tiene el sistema de alcantarillado (Ver informe del laboratorio en el anexo C), donde se pudo establecer que los parámetros que presentan mayores concentraciones son los de DBO₅ y SST, indicador esto de materia orgánica debido a las actividades residenciales las cuales predominan la población de este municipio y al momento de ser tributadas al cauce del río Subía se hace sin ningún tratamiento; como se puede evidenciar en la Tabla 7 análisis de la carga contaminante predominante en los puntos de vertimientos del municipio de Silvania, aportados estos por la Empresa de Servicios Públicos .

Tabla 7. Cargas de contaminantes más representativos año – municipio de Sylvania.

Puntos de vertimiento	Variable - Unidad	Carga 2014	Carga 2015	
Vertimiento 01 COLISEO	DBO ₅ (mg/l)	343,20	2190,00	
	SST (mg/l)	1044,00	1635,60	
	Caudal (l/s)	0,02	1,38	
	Tiempo de vertimiento	(horas/día)	6,00	144,00
		(días/mes)	30,00	360,00
	Carga DBO ₅ (kg/mes)	17,76	326,40	
Carga SST (kg/mes)	54,12	243,77		
Vertimiento 02 ACAPULCO	DBO ₅ (mg/l)	2220,00	2311,20	
	SST (mg/l)	1716,00	1280,40	
	Caudal (l/s)	0,45	9,60	
	Tiempo de vertimiento	(horas/día)	6,00	72,00
		(días/mes)	30,00	360,00
	Carga DBO ₅ (kg/mes)	2589,36	2396,16	
Carga SST (kg/mes)	2001,48	1327,44		
Vertimiento 03 PUENTE COLORES	DBO ₅ (mg/l)	11352,00	4592,40	
	SST (mg/l)	6564,00	1885,20	
	Caudal (l/s)	0,72	12,00	
	Tiempo de vertimiento	(horas/día)	12,00	144,00
		(días/mes)	30,00	360,00
	Carga DBO ₅ (kg/mes)	21185,52	5951,75	
Carga SST (kg/mes)	12249,96	2443,22		
Vertimiento 04 BOX COULVERT	DBO ₅ (mg/l)	2892,00	4270,80	
	SST (mg/l)	1476,00	2040,00	
	Caudal (l/s)	6,28	90,00	
	Tiempo de vertimiento	(horas/día)	12,00	144,00
		(días/mes)	30,00	360,00
	Carga DBO ₅ (kg/mes)	47075,28	41512,18	
Carga SST (kg/mes)	24025,92	19828,80		
Vertimiento 05 CALLE ECOLOGICA	DBO ₅ (mg/l)	5028,00	4312,80	
	SST (mg/l)	3696,00	3072,00	
	Caudal (l/s)	2,03	10,80	
	Tiempo de vertimiento	(horas/día)	12,00	144,00
		(días/mes)	30,00	360,00
	Carga DBO ₅ (kg/mes)	26456,04	5030,45	
Carga SST (kg/mes)	19447,44	3583,18		
Vertimiento 06 SANTA INES	DBO ₅ (mg/l)	8088,00	3306,00	
	SST (mg/l)	11700,00	600,00	
	Caudal (l/s)	0,39	0,84	
	Tiempo de vertimiento	(horas/día)	12,00	144,00
		(días/mes)	30,00	360,00
	Carga DBO ₅ (kg/mes)	8175,96	299,92	
Carga SST (kg/mes)	11827,20	54,43		
Vertimiento 07 PLAZA	DBO ₅ (mg/l)	3324,00	3480,00	
	SST (mg/l)	1980,00	2040,00	
	Caudal (l/s)	1,75	6,00	
	Tiempo de vertimiento	(horas/día)	12,00	144,00
		(días/mes)	30,00	360,00
	Carga DBO ₅ (kg/mes)	15077,64	2255,04	
Carga SST (kg/mes)	8981,28	1321,92		

Tabla 7 (continua)

Puntos de vertimiento	Variable - Unidad	Carga 2014	Carga 2015	
Vertimiento 08 BONANZA	DBO ₅ (mg/l)	3672,00	4549,20	
	SST (mg/l)	3036,00	2370,00	
	Caudal (l/s)	1,83	12,00	
	Tiempo de vertimiento	(horas/día)	12,00	144,00
		(días/mes)	30,00	360,00
	Carga DBO ₅ (kg/mes)	17417,52	5895,76	
Carga SST (kg/mes)	14400,84	3071,52		
Vertimiento 09 ANTIGUA ESTACION DE SERVICIO	DBO ₅ (mg/l)	3432,00	2721,60	
	SST (mg/l)	2880,00	1359,60	
	Caudal (l/s)	0,41	90,00	
	Tiempo de vertimiento	(horas/día)	6,00	144,00
		(días/mes)	30,00	360,00
	Carga DBO ₅ (kg/mes)	3647,16	26453,95	
Carga SST (kg/mes)	3060,60	13215,31		
Vertimiento 10 LADINO	DBO ₅ (mg/l)	1680,00	1240,80	
	SST (mg/l)	2760,00	1128,00	
	Caudal (l/s)	0,25	2,40	
	Tiempo de vertimiento	(horas/día)	6,00	72,00
		(días/mes)	30,00	144,00
	Carga DBO ₅ (kg/mes)	1088,64	160,81	
Carga SST (kg/mes)	1788,48	146,19		
Vertimiento 11 ANTIGUO MATADERO	DBO ₅ (mg/l)	6396,00	8520,00	
	SST (mg/l)	2748,00	2415,60	
	Caudal (l/s)	0,26	2,40	
	Tiempo de vertimiento	(horas/día)	6,00	144,00
		(días/mes)	30,00	360,00
	Carga DBO ₅ (kg/mes)	4310,28	2208,38	
Carga SST (kg/mes)	1851,84	626,12		
Vertimiento 12 USATAMA	DBO ₅ (mg/l)	1956,00	4531,20	
	SST (mg/l)	1692,00	1508,40	
	Caudal (l/s)	0,22	18,00	
	Tiempo de vertimiento	(horas/día)	12,00	144,00
		(días/mes)	30,00	360,00
	Carga DBO ₅ (kg/mes)	1115,28	8808,65	
Carga SST (kg/mes)	964,80	2932,33		

Nota: Elaborada por los Autores con base en datos obtenidos de EMPUSILVANIA SA ESP (2017)

Los mayores aportes de carga contaminante se generan en los vertimientos denominados 03 Puente Colores, 04 Box Culvert y 08 Bonanza; esto según información aportada por la Empresa de Servicios Públicos de Sylvania EMPUSILVANIA SA ESP, es donde mayor concentración de usuarios del servicio de alcantarillado se tiene; por tanto si se revisa la carga contaminante de DBO₅ y SST una vez más afirma la alta presencia de materia orgánica que refleja las actividades residenciales y comerciales de pequeña escala, descritas en el capítulo de población del municipio.

8.4 Estado actual de Estudios, Diseños y ejecución de obras del servicio de Alcantarillado – Plan Maestro de Alcantarillado

Una vez realizada las consultas en la Alcaldía Municipal de Sylvania y la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Sylvania – EMPUSILVANIA S.A E.S.P; se informa que se cuenta con los Estudios y Diseños del Plan Maestro de Alcantarillado en fase de detalle, donde la alternativa seleccionada fue la separación de caudales con la construcción de redes independientes, como también la construcción de un colector principal sobre el margen de los ríos Subía y Blanco esto para la eliminación de los puntos de vertimientos, para así conducir un caudal de 10 m³ a la futura planta de tratamiento de agua residual, ubicada está a 6 km aguas abajo, aproximadamente, del casco urbano.

Se han construido obras correspondientes a redes de separación de caudales, como lo fue la construcción de los colectores de aguas lluvias y negras de la Carrera 4, ente le sector de La Silvana y Río Subía; como también, la construcción de redes en los barrios Molino Rojo, centro, Los Puentes, Alto de la Virgen y Progreso; lo anterior, dentro de los diseños elaborados desde las

Empresas Publicas de Cundinamarca- Plan Departamental de Agua PDA.

Según lo informado por EMPUSILVANIA SA ESP, el estado de avance de las obras que corresponden a la separación de caudales se encuentra en un 25%, por lo que se encuentran ajustando el diseño al nuevo Reglamentó Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, en conjunto con Empresas Publicas de Cundinamarca, para así poder presentar el proyecto ante el Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, mecanismo de Ventanilla Única, ya que el proyecto asciende a la suma de 13.500.000.000 millones de pesos, contemplando las fases de separación de redes, construcción del colector primario y conducción a la futura PTAR. (Gomez, 2017). (Gomez, 2017)

9. Análisis de las Condiciones Técnicas para la Construcción de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para el Municipio de Silvania, Cundinamarca

Este análisis se construye desde la óptica de la formación como profesionales de los autores de este documento, partiendo de la investigación de campo y de los datos recolectados en las visitas, entrevistas e investigación realizada; por tanto se desprenderá de allí unas recomendaciones propias del sistema de tratamiento de aguas residuales que debería utilizar el municipio de Silvania en cabeza de sus autoridades de prestación del servicio público de alcantarillado como desde la Administración Municipal en sus planes y programas de gobierno e inversión y así poder mitigar los impactos ambientales ocasionados por la disposición inadecuado de los vertimientos a los cuerpos de agua ya descritos.

9.1 Población

El dato de población correspondiente al año 2015, es el registrado como usuarios en la base de datos de la Asociación de Usuarios del Servicio de Acueducto, Tabla 8 considerando una densidad de 3.60 habitantes / vivienda de acuerdo a reportes del DANE.

Tabla 8. Registro de usuarios del servicio de acueducto

Año	Geométrico con número de suscriptores		Geométrico con número de suscriptores -tasa de crecimiento departamental		Adición de un 20 % por población Flotante
	r=	2,14 %	r=	1,67 %	
2015		10919		10919	13103
2016		11152		11101	13383
2017		11391		11287	13669
2018		11635		11475	13962
2019		11884		11667	14261
2020		12138		11861	14566
2021		12398		12060	14878
2022		12663		12261	15196
2023		12934		12466	15521
2024		13211		12674	15853
2025		13494		12886	16193
2026		13783		13101	16539
2027		14077		13320	16893

Nota: Elaborada por los Autores con base en datos obtenidos de DANE (2017)

9.2 Estratificación y número de usuarios

Los estratos que maneja el Municipio actualmente son 1, 2, 3. Tabla 9 predominando el estrato

3. En los conjuntos residenciales se presenta estrato 4.

Tabla 9. Número de usuarios del acueducto municipio de Silvania

Estratos	Suscriptores	%
Estrato 1 (bajo-bajo)	208	6,86 %
Estrato 2 (bajo)	634	20,90 %
Estrato 3 (medio)	1516	49,98 %
Estrato 4 (medio alto)	444	14,64 %
Oficial	23	0,76 %
Industrial	3	0,10 %
Comercial	205	6,76 %
Total	3033	100 %

Nota: Elaborada por los Autores con base en datos obtenidos de Alcaldía de Silvania, Cundinamarca (2005)

9.3 Criterios de diseño según RAS

- Período de diseño: Conforme a lo solicitado en el RAS 2017, por ser el nivel de complejidad Medio, Tabla 10 el período de diseño será de 25 años.

- Dotación de aguas negras: El caudal total del afluente del alcantarillado está compuesto por aguas residuales domésticas, aguas de infiltración y aporte de aguas lluvias.

La dotación es de 237 l/s*hab.

La carga orgánica adoptada es de 50 g/hab/día.

La temperatura media mensual del mes más frío es de 19 °C.

La Húmeda Relativa varía según el siguiente cuadro:

Tabla 10. Variación de la humedad relativa (%)

Variación de la humedad relativa (%)	Valor Medio Anual
Valor medio	78
Valor máximo	96
Valor mínimo	64

Nota: Elaborada por los Autores

- Precipitación Media Anual. La precipitación media anual alcanza valores entre 1.600 a 1.700 mm.

Sistema de tratamiento más recomendado para el municipio de Sylvania

Análisis de la carga contaminante proveniente de los vertimientos líquidos del sistema de alcantarillado del municipio de Sylvania. La carga contaminante representativa está en los parámetros de DBO₅ y SST, lo que indica que las aguas residuales del sistema de alcantarillado del municipio de Sylvania contienen altas concentraciones de materia orgánica; esto resultante de las actividades predominantes de la población del municipio como es la residencial y comercial

de baja escala.

A continuación, se realiza un análisis de las concentraciones de los parámetros de DBO₅ y SST para conocer la generación percapita, Tabla 11 tomando como base las cargas reportadas por la Empresa de Servicios Públicos de Sylvania EMPUSILVANIA SA ESP, en las declaraciones de la tasa retributiva anual que se presenta ante la Autoridad Ambiental CAR Cundinamarca.

Tabla 11. Producción per cápita de concentraciones de DBO₅ y SST

Parámetro	Concentración kg/Año	Año	Usuarios alcantarillado	Carga per cápita kg/hab/año
DBO ₅	130.738,92	2015	7.884	16,58
SST	100.653,96		7.884	12,77
DBO ₅	101.299,45	2016	8.673	11,70
SST	48.794,24		8.673	5,62

Nota: Elaborada por los Autores con base en datos obtenidos de EMPUSILVANIA SA ESP (2017)

Estas concentraciones de contaminantes las cuales son vertidas directamente al cauce del río Subía, altera las condiciones naturales y de residencia de este ecosistema; por tanto, es valedero lo planteado desde los instrumentos de planificación del municipio de Sylvania como el PSMV y Plan Maestro de Alcantarillado donde se proyecta la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Con esto se minimizarían los impactos de vertimientos al cuerpo de agua y se garantizaría un equilibrio de las condiciones ambientales de la fuente y así poder abastecer en condiciones óptimas a los habitantes aguas abajo del casco urbano, los cuales hacen uso del recurso hídrico para actividades domésticas, agrícolas y de servicios.

Si se continua con esta generación de carga contaminante sin ningún tratamiento será muy difícil alcanzar las metas trazadas en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos PSMV, Tabla 12 formulado por el municipio y aprobado por la Autoridad Ambiental Regional.

Tabla 12. Metas carga contaminante PSMV Sylvania

Escenarios de proyección de carga contaminante DBO ₅ (Ton/año)	Actual	Carga Generada	0,0417	0,0145
		Carga Transportada	0,0417	0,0145
		Carga Tratada	0,00	0,00
	Corto plazo	Carga Generada	0,0446	0,0155
		Carga Transportada	0,0446	0,0155
		Carga Tratada	0,00	0,00
	Mediano plazo	Carga Generada	0,0484	0,0169
		Carga Transportada	0,0484	0,0169
		Carga Tratada	0,0387	0,0135
Largo plazo	Carga Generada	0,0526	0,0183	
	Carga Transportada	0,0526	0,0183	
	Carga Tratada	0,0421	0,0147	
Escenarios de proyección de carga contaminante SST (Ton/año)	Actual	Carga Generada	0,0603	0,0087
		Carga Transportada	0,0603	0,0087
		Carga Tratada	0,00	0,00
	Corto plazo	Carga Generada	0,0645	0,0092
		Carga Transportada	0,0645	0,0092
		Carga Tratada	0,00	0,0074
	Mediano plazo	Carga Generada	0,0700	0,0100
		Carga Transportada	0,0700	0,0100
		Carga Tratada	0,0560	0,0080
Largo plazo	Carga Generada	0,0761	0,0109	
	Carga Transportada	0,0761	0,0109	
	Carga Tratada	0,0609	0,0087	

Nota: Datos obtenidos EMPUSILVANIA SA ESP (2017,p.34)

9.4 Esquema General del Sistema de Tratamiento

La propuesta del esquema para el funcionamiento del sistema de tratamiento se detalla en la Figura 13.

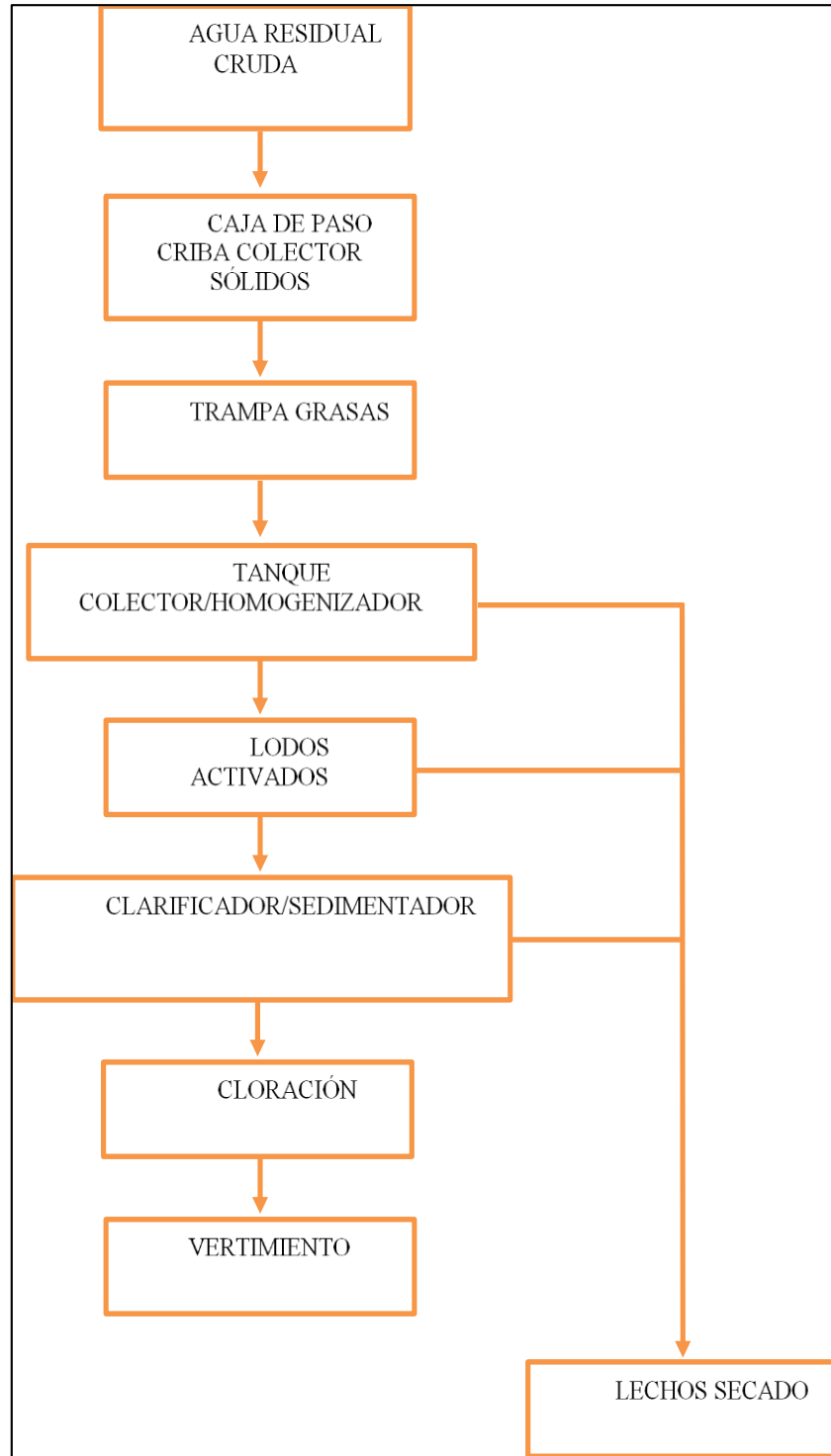


Figura 13. Esquema General del Sistema de Tratamiento.
Elaborada por los Autores

9.5 Tipo de tecnología

La tecnología de Lodos Activados es una de las más difundidas a nivel mundial. Creada en 1914, para el tratamiento de efluentes industriales y efluentes municipales, los objetivos que persigue el tratamiento biológico del agua residual son la coagulación, la eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. El principio básico del proceso consiste en que las aguas residuales se pongan en contacto con una población microbiana mixta, en forma de suspensión de flóculos en un sistema aireado y agitado (Winkler, 1999, citado en Bioreactor,2011). Un sistema de lodos activados es un proceso biológico (bioproceso) utilizado para la depuración natural (biorremediación) de las aguas residuales. El tratamiento general con lodos activados consiste de dos partes:

- Un tratamiento aerobio de las aguas residuales, en el cual, un cultivo aeróbico de microorganismos en suspensión oxida la materia orgánica y....
- Un conjunto de procesos de biodegradación (oxidación de la materia orgánica disuelta) y biosíntesis (producción de nueva biomasa celular) cuya finalidad es la producción de un clarificado (agua sin materia orgánica en suspensión) bajo en DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), SS (Sólidos Suspendidos) y Turbiedad.

10. Modelo de Sistema de Tratamiento

A continuación, se detalla un modelo para un sistema de aguas residuales con similares características de población y actividades del municipio de Sylvania, el cual es de referencia o como modelo tipo; este diseño fue tomado de diferentes sistemas consultados en la web, aplicando siempre el principio de lodos activados.

10.1 Modelo general

Aquí se visualiza la integralidad del sistema de tratamiento de agua residual por lodos activados, donde es claro cada una de las etapas necesarias a construirse en el sistema, desde el tamizado, pasando por el tratamiento biológico y concluyendo en el secado de lodos Figura 14.

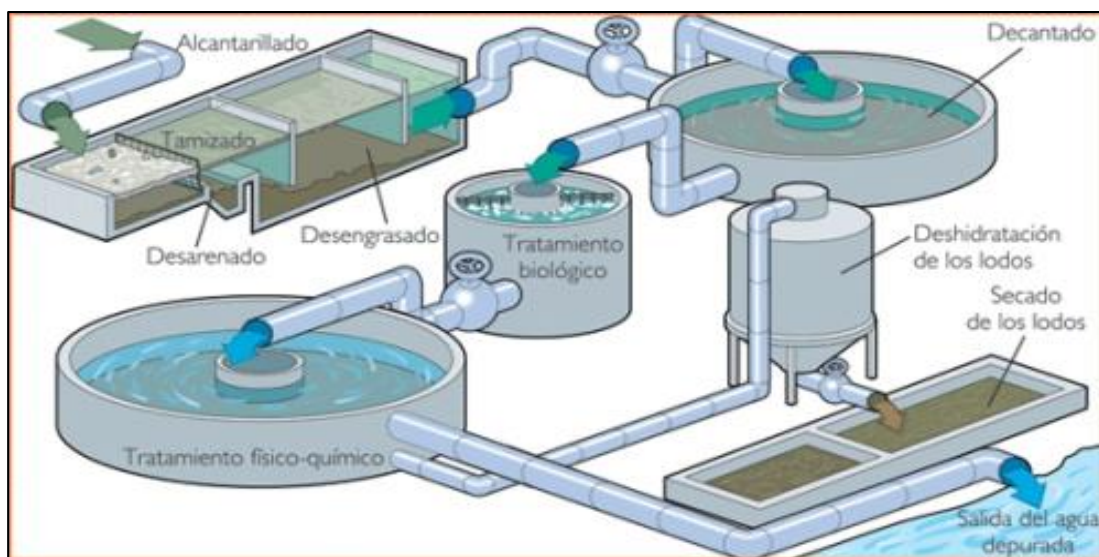


Figura 14. Modelo general. Datos obtenidos de Corporación SOS Ambiental (2016,p.2)

10.2 Modelo tipo

El sistema de lodos activados es aplicado preferiblemente en el tratamiento de aguas municipales, es por esto que se puede visualizar en el siguiente esquema las fases o ciclos dentro del sistema para que los volúmenes de agua residual puedan ser tratados y evacuados a fuentes naturales con un alto porcentaje de descontaminación como también poder suministrar dicho caudal aun sistema secundario químicamente asistido Figura 15.

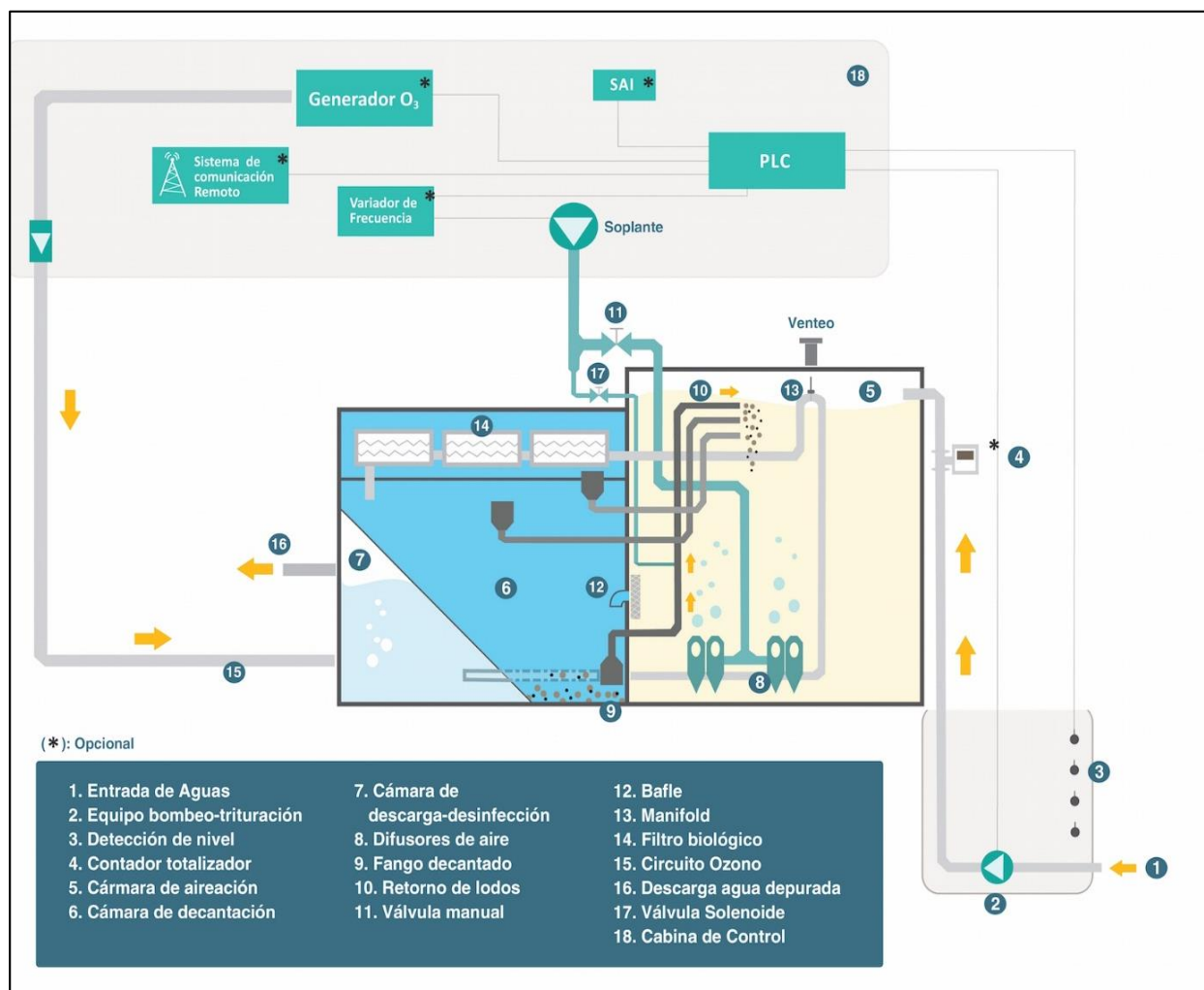


Figura 15. Modelo tipo. Datos obtenidos de Corporación SOS Ambiental (2016,p.2)

10.3 Construcción del plan de redes del sistema de alcantarillado sanitario

Para poder construir el sistema de agua residual, el municipio debe adelantar lo concerniente a la separación de caudales, mediante la construcción de redes separadas del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, para así poder transportar el caudal de aguas negras mediante un colector principal hasta el sistema de tratamiento aguas abajo Figura 16.



Figura 16. Plan de redes del sistema de alcantarillado sanitario. Datos obtenidos de Alcaldía de Silvania, Cundinamarca (2005,p.11)

10.4 Puesta en funcionamiento – Implementación del sistema

En esta fase se debe tener en cuenta que una vez construido el sistema se debe garantizar su funcionamiento, incluido sus costos de personal, servicios públicos, mantenimiento de equipos,

tratamiento de lodos y demás. Según lo establecido dentro de servicios públicos domiciliarios como lo es la Ley 142 de 1994, estos sistemas deben ser sostenibles una vez construidos vía tarifa del servicio de alcantarillado, es por eso que para el municipio de Silvania se requiere de un estudio detallado de costos, ya que al existir el tratamiento de las aguas residuales se impactara la tarifa al usuario.

10.5 Descripción - sistema de tratamiento propuesto

Pretratamiento. El pretratamiento, se compone de las siguientes estructuras: caja de paso canastilla colector, trampa de grasas y tanque homogeneizador. El principal objetivo del pretratamiento es reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos que puedan llegar con el afluente.

Caja de paso canastilla criba. Su objetivo principal es evitar obstrucciones de equipos electromecánicos y redes, además de prevenir inundaciones y garantizar óptimo tratamiento biológico secundario.

Trampa de grasas y aceites. Estructura diseñada específicamente para remover las grasas y aceites del agua residual a tratar.

Tanque homogenizador colector. Se empleará para regular caudales además de garantizar la estabilización de pH, necesario para un óptimo tratamiento biológico de las aguas residuales domésticas.

Tratamiento primario. El sistema básicamente busca remover materia orgánica disuelta mediante el tratamiento de las aguas residuales domésticas con lodos activados. El tratamiento secundario se compone de un reactor aireado artificialmente, también llamado cámara de

aireación, seguido por un sedimentador que cumple la función de separar la biomasa suspendida en la fase líquida del agua clarificada.

Reactores lodos activados. El tratamiento con lodos activados consiste en un proceso biológico que emplea microorganismos aerobios y facultativos para degradar compuestos orgánicos presentes en los residuos líquidos.

Tratamiento secundario. Tiene como objetivo eliminar los sólidos en suspensión por medio de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por coagulantes y floculantes. Así, para completar este proceso se pueden agregar compuestos químicos (sales de hierro, aluminio y polielectrolitos floculantes) con el objeto de precipitar el fósforo, los sólidos en suspensión muy finos o aquellos en estado de coloide.

Clarificador sedimentador. Estructura diseñada para precipitar sólidos suspendidos muy finos o coloides mediante la aplicación de coagulantes y floculantes.

Tratamiento terciario o pulimento. El tratamiento terciario proporciona mejor calidad del efluente, antes que este sea descargado al cuerpo de agua o emisario final.

Lechos de secado de lodos. Cuando el manto de los lodos en el sedimentador y demás generadores de lodos supere el nivel máximo, es necesario extraer el exceso de lodos para su disposición final. Los lechos de secado son las estructuras donde se hace la deshidratación y estabilización de los lodos de purga. Un lecho está formado por una capa de arena y grava puestas sobre una hilera de ladrillos que protegen las tuberías de PVC perforadas dispuestas para la recolección del exceso de agua. La parte líquida del lodo se infiltra y es retornada a la cámara de aireación para que sea nuevamente tratada. Los lodos deshidratados que quedan en la parte superior de los lechos, previamente estabilizados con cal, son retirados manualmente y dispuestos según se estipule, además por sus características fisicoquímicas se pueden utilizar

como abono.

Análisis de estructuras. Se debe tener en cuenta el análisis estructural de la PTAR a construir bien sean compactas o en láminas de hierro y acero o convencional en materiales de concreto y acero; las cuales varían su vida útil según los años de operación; en general las estructuras tanto de concreto como compactas son recomendadas según los procesos a realizar.

Se debe también precisar en los equipos como motores, bombas, sopladores y sistema de aireación entre otros, los cuales hacen parte integral del sistema de tratamiento y así garantizar su funcionalidad.

Etapas de tratamiento. El sistema de tratamiento debe tener una capacidad de diseño de 15 LPS, según criterios de los diseños al detalle con que cuenta el municipio, esto para que las etapas de tratamiento sean funcionales y se encuentren bien distribuidas en el área espacial con que se cuente; como también resaltar la importancia que este sistema solo recibirá caudal de aguas negras o sanitarias, lo anterior para que en épocas de invierno no se sature con presencia de aguas lluvias, producto de conexiones erradas.

Lodos activados son un bioproceso de funcionamiento continuo, donde el tratamiento biológico de aguas residuales es realizado en un reactor biológico o birreactor, mediante un proceso de cultivo continuo de fangos activados, que se realiza a través de un cultivo bacteriano aerobio mixto de microorganismos en suspensión: bacterias filamentosas y formadoras de flóculos; cuyo accionar causa la oxidación de la materia orgánica en suspensión. El contenido del reactor se conoce con el nombre de "líquido mezcla". El ambiente aerobio se consigue mediante la aireación o difusión forzada de aire dentro del medio fluido, por el uso de difusores de aire que, a su vez, permiten mantener el líquido mezcla perfectamente agitado y en movimiento continuo (estado de mezcla completa). Debe pasar un período de tiempo determinado, llamado

tiempo de retención, para que, la mezcla de células nuevas con células viejas, conduzca a la oxidación completa de la materia orgánica (Bioreactor, 2011).

De ahí, parte del líquido mezcla es pasado desde la parte superior del tanque, hasta un tanque de sedimentación para su separación del agua residual tratada. Este proceso es llamado clarificación del agua. Otra parte del líquido mezcla, es pasado desde la parte baja del tanque (que contiene las células sedimentadas) y se recircula para mantener en el birreactor, una concentración de células equilibrada. Finalmente, la otra parte se purga del sistema (fango en exceso) hacia otro proceso en donde son tratados los fangos.

Las bacterias filamentosas y las formadoras de flóculos son los microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica del afluente. El agua procedente del tratamiento primario, al tanque de aireación, en donde es mezclada con el aire disuelto que sale por los difusores. El suministro de aire a lo largo de toda la longitud del tanque debe ser uniforme para lograr una mezcla completa. Durante el período de aireación se produce la absorción, floculación y oxidación de la materia orgánica en suspensión. Los sólidos del fango activado se separan en un decantador secundario. Este proceso necesita de una carga orgánica reducida y un largo período de aireación.

Condiciones de operación. En general, cuando se cuenta con condiciones normales el objetivo se cumple ya que es eficiente el sistema biológico de tratamiento actuando de manera benéfica y tratando los caudales de entrada; como también la Empresa de Servicios Públicos o quien la opere debe realizar un control a los generadores diferentes de lo residencial, para así garantizar la homogeneidad de aguas residuales que ingresa al sistema; haciendo así un que la fase de tratamiento se realice con eficiencia y calidad.

El proceso de lodos activados requiere de aireación prolongada con soplante por aire

comprimido y distribución por difusores. El modelo de flujo del proceso es flujo pistón con recirculación y purga. Todas las partículas que entran al birreactor deben permanecer en el interior del mismo durante idéntico período de tiempo. La eficacia de eliminación DBO_5 debe ser del 75 % al 95 % (Bioreactor, 2011).

Parámetros de Diseño

- Carga diaria de DBO_5 o materia orgánica que entra en el tanque biológico.
- Carga diaria de SST.
- Tiempo de retención celular $q_c, d = 20-30$
- Carga másica aplicada relación $\text{kg DBO}_5/\text{kg SSVLM}$. $d = 0.05 - 1.5$
- Carga volumétrica $\text{kg DBO}_5/\text{m}^3 d = 0.16-0.40$
- SSLM $\text{mg/l} = 3000-6000$
- Tiempo de retención hidráulica horas = 18-36
- Coeficiente de recirculación del decantador el tanque biológico = 1-1.5
- Carga de superficie = $1.0-1.33 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$
- Oxígeno necesario $\text{kgO}_2/\text{KgDBO}_5 = 2$ a 2.5 kg

Mantenimiento del sistema. Se debe contar con un eficiente manejo de residuos sólidos inorgánicos, residuos orgánicos y lodos lo cual se refleja en el control de olores y manejo paisajístico de las instalaciones; por lo tanto, se considera que el sistema debe desempeñar un manejo sostenible para que no se constituya en un problema ambiental y social para los trabajadores y residentes del sector aledaño.

Caso práctico exitoso. Para verificar si el sistema de lodos activados propuesto para el tratamiento de las aguas residuales del casco urbano del municipio de Sylvania es eficiente, se realizaron consultas en la Dirección Regional Sumapaz de la Corporación Autónoma Regional

de Cundinamarca (CAR), y en las Oficinas de Planeación Municipal de los municipios vecinos, donde se encontró que en la Inspección de Chinauta del municipio de Fusagasugá, durante el año 2017, se construyó una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante el sistema de lodos activados por parte de la compañía Soluciones Integrales Ambientales y Empresariales SIAEM SAS, la cual fue construida en el predio Tierra Alta – Majayura de propiedad de la ASOCIACIÓN RAWLINGS TIERRALTA COLOMBIA. Dicha planta entro en operación el 30 de septiembre de 2017, donde al cabo de 2 meses de su puesta en marcha se realizó una caracterización de las aguas residuales tratadas, donde se pudo establecer que la planta cumple con los parámetros de vertido indicados en el artículo 8 de la Resolución 631 de 2015.

A continuación, se presenta un análisis de los principales parámetros de las aguas que genera la Asociación antes de ingresar a la planta, Tabla 13 después de salir de la planta y un comparativo frente a la norma de vertimientos.

Tabla 13. Análisis de eficiencia caso existo implementación sistema de lodos activados.

Parámetro	Unidades	Agua residual cruda	Agua residual tratada	Resolución 0631 de 2015 Capítulo 5 art. 8 Correspondientes a aguas Residuales domésticas.	Cumplimiento	
					SI	NO
DBO ₅	mg/L	369	<2	200	x	
DQO	mgO ₂ /L	965,8	82	N/A	x	
GRASAS ACEITES ^Y	mg/L	46	< 10	20	x	
NITRATOS	mg N-NO ₃ /L	0,95	12,8	N/A	x	
NITRITOS	mg N-NO ₂ / L	<0,05	0,07	N/A	x	
PH	Unidades	7,8	7,12	06 - 09 unidades	x	
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/L	0,55	<0,1	5		
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	117	38	100	x	
TEMPERATURA	°C	28	27,3		x	
TENSOACTIVOS (SAAM)	5,55	mg/L SAAM	0,76	N/A	x	

Nota: Elaborada por los Autores con base en datos obtenidos de Resolución 631 (2015)

Producción Per cápita de carga contaminante. De acuerdo a los análisis de agua residual aportados en el caso práctico se realiza una proyección de la carga contaminante en los parámetros de DBO₅ y SST, esto a fin de determinar los volúmenes en kg año generados, Tabla 14 para poder realizar una visión respecto a las concentraciones generadas por los habitantes del municipio de Silvania, ya que las características son similares.

Tabla 14. Carga contaminante caso exitoso

Parámetros	Carga día	Producción año	kg Año	Ppc Hab/kg /Año
DBO ₅	369	134685	134,685	13,4685
SST	117	42705	42,705	4,2705

Nota: Elaborada por los Autores

Análisis de carga contaminante generada en el municipio de Silvania versus caso práctico exitoso. Si revisamos la carga contaminante del municipio de Silvania para el año inmediatamente anterior Tabla 15, de los datos obtenidos en el caso exitoso tenemos lo siguiente:

Tabla 15. Comparativos de carga contaminante

Municipio de Silvania – Año 2016		Caso Exitoso – Año 2017	
Parámetros	Carga contaminante kg/hab/año	Parámetros	Carga contaminante kg/hab/año
DBO ₅	11,70	DBO ₅	13,47
SST	5,62	SST	4,27

Nota: Elaborada por los Autores

Estas cargas son similares, lo que indica que la producción de materia orgánica por características de la población se asemejan, siendo así que si revisamos los análisis del agua tratada se comprueba la eficiencia del sistema por que garantizar la capacidad de remoción de los contaminantes y el cumplimiento de la Resolución 0631 de 2015; aunque se debe tener en cuenta que la generación del municipio de Silvania tiene una proporción diferente por los usuarios del

sistema de alcantarillado, lo que indica que las dimensiones del sistema de tratamiento deben ser mayores.

De lo anterior se puede afirmar que el sistema de tratamiento de lodos activados presenta una eficiencia que oscila entre el 90 al 95 % de remoción de la carga contaminante, lo cual lo convierte en la mejor alternativa para tratar las aguas residuales domésticas generadas en el casco urbano del municipio de Silvania, más si se tiene en cuenta que el sistema implementado en el predio Tierra Alta – Majayura de propiedad de la ASOCIACIÓN RAWLINGS TIERRALTA COLOMBIA, se localiza en el área de influencia del municipio de Silvania, con similares condiciones climatológicas e hidrográficas que podrían garantizar que el tratamiento mediante los lodos activados es el indicado para entregar los vertimientos bajo los parámetros exigidos por la normatividad colombiana.

Es de resaltar que para que el sistema de tratamiento por lodos activados sea eficiente es fundamental operar correctamente la infraestructura dispuesta para ello, realizarles los mantenimientos programados a los equipos, llevar estrictos controles al proceso de tratamiento, entrenar al personal que opera el sistema, de lo contrario se convertirá en foco de contaminación donde la solución puede resultar un problema para el responsable del tratamiento.

11. Ventajas y Desventajas de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Mediante Lodos Activados

Según la compañía Soluciones Integrales Ambientales y Empresariales SIAEM SAS (2017), en su experiencia del proceso de construcción, montaje y operación del sistema de lodos activados dentro del predio Tierra Alta – Majayura de propiedad de la ASOCIACIÓN RAWLINGS TIERRALTA COLOMBIA, las siguientes son las ventajas y desventajas que presenta el sistema implementado:

Ventajas

- La remoción de carga contaminante puede ubicarse por encima del 90 % de eficiencia.
- Después que el sistema está estabilizado lo cual sucede en las 2 primeras semanas de operación, se dejan de percibir olores ofensivos y no existe presencia de insectos.
- Se puede controlar el proceso realizando mediciones de pH y sólidos sedimentables, lo cual permite determinar de manera evolutiva como mejora el proceso de tratamiento o en su defecto implementar acciones correctivas de manera oportuna.
- Se puede regular el ingreso de caudal para garantizar los tiempos de retención.
- Permite regular el consumo de energía la cual está dada por la presencia de la carga orgánica.
- El manejo de lodos generados en el proceso no requiere de tratamientos posteriores complejos, por lo tanto, se pueden utilizar como mejoradores de suelo o abono para plántulas una vez deshidratados en el lecho de secado.

Desventajas

- Es necesario realizar contralores diarios al proceso de tratamiento para evitar que se presenten alteraciones.
- Se puede presentar taponamiento de los difusores durante el proceso de operación.
- Se debe disponer de los equipos adecuados para incorporar aire al proceso de tratamiento.
- Altos costos de operación debido al requerimiento de energía para generar el oxígeno en el reactor.
- Se requiere de un proceso de desinfección final al efluente, para controlar la presencia de Coliformes Fecales.
- Se requiere realizar análisis de agua de manera periódica para garantizar que el vertimiento se realice conforme a la norma vigente.

12. Resultados Esperados

Se espera que el municipio de Sylvania Cundinamarca, adopte el sistema de lodos activados, según lo determinado en este estudio para el tratamiento de aguas residuales domésticas generadas en el casco urbano, a partir del análisis realizado de las diferentes alternativas existentes, que indica el cumplimiento a la normatividad ambiental vigente, bajo principios de eficiencia y eficacia, de tal forma que se contribuya a la protección de los recursos naturales y el ambiente, en especial el recurso agua, el cual presentan no solo una escases sino también altos índices de contaminación que impiden usos posteriores aguas abajo del sitio de descarga de los vertimientos sin tratamiento.

Se busca también con esta investigación que desde la entidad prestadora del servicio de alcantarillado y de la dirección administrativa del municipio se establezca la necesidad de adoptar un plan de estudios, diseños, obras e inversiones requeridos para alcanzar la separación de los caudales de las aguas presentes en el sistema del alcantarillado, la conducción del caudal de aguas sanitarias y el tratamiento mediante el sistema de lodos activados para su posterior entrega a la fuente hídrica Río Subía y así mitigar de manera significativa el impacto ocasionado al recurso agua, el cual es aprovechado aguas abajo para actividades de consumo humano pecuarias y agrícolas.

Visualizar los impactos negativos al recurso hídrico que se está generando en la actualidad con la disposición inadecuada de los vertimientos del casco urbano del municipio de Sylvania, teniendo en cuenta los estudios aportados los cuales evidencian la alta presencia de materia

orgánica que satura las condiciones naturales de la fuente receptora, ya que provienen de actividades netamente domésticas.

13. Conclusiones

- Debido a los altos índices de contaminación a los cuales está siendo sometido el recurso hídrico en Colombia, al cual no es ajeno el río Subía, principal receptor de los vertimientos domésticos del casco urbano del municipio de Silvania, se hace necesario la implementación de sistemas de tratamiento altamente eficientes, que garanticen la protección de este cuerpo de agua en cumplimiento de la normatividad ambiental vigente y la sostenibilidad ambiental de la región.
- De acuerdo con el estudio realizado a cada uno de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas se pudo establecer que el sistema de lodos activados es el más utilizado en Colombia, por su capacidad de remoción de la carga orgánica, principal característica de las aguas residuales generadas por habitantes del casco urbano del municipio de Silvania.
- Con la evaluación y los resultados obtenidos mediante la implementación del caso exitoso se puede tener la certeza que el sistema de lodos activados cumple con los requerimientos establecidos en la normatividad ambiental colombiana en materia vertimientos, convirtiéndose en la mejor alternativa de tratamiento a implementar para el tratamiento de las aguas residuales domésticas del casco urbano del municipio de Silvania.
- Teniendo como referencia que las aguas residuales producidas por los habitantes del casco urbano del municipio de Silvania, presentan características similares a las del caso exitoso, se pudo establecer que el sistema de lodos activados se convierte en la solución más acertada para gestionar eficientemente la disposición controlada de los vertimientos domésticos sobre el cuerpo de agua receptor río Subía.

- Una vez el prestador del servicio de alcantarillado haya seleccionado la mejor alternativa de tratamiento de sus aguas residuales domésticas, es indispensable que inicie las acciones a que haya lugar para la consecución de los recursos económicos que permitan el cierre financiero del proyecto y su pronta puesta en marcha.

14. Recomendaciones

- Se hace necesario que el municipio de Silvania, inicie cuanto antes los procesos para manejar eficientemente las aguas residuales domésticas, para no seguir comprometiendo la presencia de los recursos naturales, de esta manera podrán contribuir a alcanzar la meta que imponen los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en procura de tener un medio ambiente al alcance y disfrute de todos.
- Para la correcta selección de una alternativa de tratamiento de las aguas residuales domésticas producidas por los habitantes del casco urbano de municipio de Silvania, es fundamental que el prestador del servicio de alcantarillado, elabore los estudios técnicos, operativos, administrativos, financieros y ambientales correspondientes con la finalidad de tener los insumos precisos para la toma de decisiones de manera asertiva partiendo de las condiciones socio económicas, culturales y ambientales del municipio de Silvania.
- Es fundamental tener como referencia los resultados obtenidos en la implementación de sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que estos casos exitosos se convierten en una herramienta contundente para la toma de decisiones, con el fin de garantizar las inversiones a ejecutar para la protección y uso racional de aguas que discurren por el río Subía.
- Sin importar el sistema de tratamiento que sea seleccionado, es necesario que el municipio de Silvania, a través del prestador de los servicios públicos, una vez implemente su sistema realice una operación y mantenimiento preventivo al mismo, para no generar interrupciones de servicio, pérdidas de recursos económicos y afectaciones a los recursos naturales por la disposición de aguas residuales no tratadas al cuerpo de agua receptor en este caso el río Subía.

Referencias Bibliográficas

Aguas del Mare Nostrum. (2017). *Tamiz estático. Tratamientos del Agua y Depuración.*

Obtenido de <http://www.tratamientosdelaguaydepuracion.es/tamiz-estatico-pretratamientos.html>

Aguas Residuales. (2008). *Sistema de tratamiento de aguas residuales por lodos activados.*

Tratamiento de aguas residuales y desechos orgánicos. Obtenido de 2018, de <https://aguasresiduales.wordpress.com/2008/06/02/sistema-de-tratamiento-de-aguas-residuales-por-lodos-activados/>

Aguilar, M. (2002). *Tratamiento fisico quimico de aguas residuales: Coagulacion - Floculacion.*

Murcia - España: Mc Graw Hill.

Aireo. (2017). *Homogenizadores.* Obtenido de [https://www.aireo2.com/wp-](https://www.aireo2.com/wp-content/uploads/2015/06/EQ-Basin-1024x576.jpg)

[content/uploads/2015/06/EQ-Basin-1024x576.jpg](https://www.aireo2.com/wp-content/uploads/2015/06/EQ-Basin-1024x576.jpg)

Alcaldía de Silvania , Cundinamarca. (2013). *Plan de Saneamiento y Manejo de Verimientos, municipio de Silvania.* Silvania, Cundinamarca.

Alcaldia de Silvania, Cundinamarca. (1999). *Plan Basico de Ordenamiento .* Silvania.

Alcaldía de Silvania, Cundinamarca. (2005). *Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Silvania.* Silvania.

Alianza por el agua. (2017). *Procesos de sedimentación y desarenación .* Obtenido de

http://alianzaporelagua.org/Compendio/images/tecnologias/tec_t/tec_t2.jpg

Arredondo, M y Zuluaga,D. (2011). *Seminario Manejo Integrado del Agua.* Manizales.

- Biopur. (2017). *Procesos Aerobios*. Obtenido de <http://www.biopur.com.mx/imagenes/nuevos/tratamiento>.
- Bioreactor. (2011). *Biotecnología Práctica y Aplicada*. Obtenido de <https://bioreactorcrc.wordpress.com>
- Collazos, C. (2008). *Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas e Industriales*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Conpes 3177. (2002). *Consejo Nacional de Política Económica y Social. Acciones prioritarias y lineamientos para la formulacion del plan nacional de manejo de aguas residuales*. Bogotá: Conpes.
- Constitución Política de Colombia. (1991). Bogotá: Presidencia de la República de Colombia.
- Contretas, E. E. (02 de Noviembre de 2017). Problematica Departamental de Trtamiento de Aguas Residuales Municipales. (M. A. Galvis, Entrevistador)
- Corporación SOS Ambiental. (2016). *Sistemas de tratamiento de agua residual* . Obtenido de <https://comiteambiental.com/sosambiental/>
- DANE. (2017). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística.Registro de usuarios del servicio de acueducto*. Bogotá.
- Decreto 1076 . (2015). *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.
- Decreto 1594. (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: Ministerio de Agricultura.
- Decreto 1600 . (1994). *Por el cual se reglamenta parcialmente el Sistema Nacional Ambiental*

(SINA) en relación con los Sistemas Nacionales de Investigación Ambiental y de Información Ambiental. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente.

Decreto 1729 . (2002). *Por el cual se reglamenta la Parte XIII <sic>, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5o. de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente.*

Decreto 2811. (1974). *Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.*

Decreto 3100. (2003). *Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones. Bogotá: Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial.*

Decreto 3440 . (2004). *Por el cual se modifica el Decreto 3100 de 2003 y se adoptan otras disposiciones. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.*

Decreto 3930. (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: Congreso de la República de Colombia.*

Decreto 4728. (2010). *Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.*

Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Silvania. (2016). *Informe de Gestion* . Silvania.

EMPUSILVANIA SA ESP. (2017). *Empresa de Acueducto de Silvania. Silvania - Cundinamarca.*

- Gobernacion de Cundinamarca. (2017). *Seguimiento Acciones Rio Bogota*. Bogota D.C.
- Gomez, N. J.-A. (30 de Octubre de 2017). Estado Actual Del Plan Maestro De Alcantarillado Silvania. (M. A. Galindo, Entrevistador)
- Google Maps. (2017). *localización geográfica del municipio de Silvania con referencia al departamento de Cundinamarca y la Provincia de Sumapaz*. Obtenido de www.google.com.co/search
- Heinke, J; Glynn,H y Gary,W. (1999). *Ingenieria Ambiental*. Mexico: Trillas editores.
- Hernandez Sampieri, R ; Fernández,C ; Baptista, L. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Invias. (2017). *Instituto Nacional de vías. Red vial nacional*. Bogotá.
- Jimenez,N. (2014). *Diseño de un reactor biológico de fangos activos*. España: Universidad de Almería .
- Ley 142. (1994). *Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.
- Ley 373 . (1997). *Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia.
- Ley 715. (2001). *Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia .
- Ley 9. (1979). *Por la cual se dictan Medidas Sanitarias*. Bogotá: Congreso de la República de Colombia .
- Ley 99 . (1993). *Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector*

- Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.* Bogotá: Congreso de la República.
- Lizarazo, J ; Orjuela, X. (2013). *Sistema de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Colombia.* Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). *Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales en Colombia.* Obtenido de http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/PLAN_NACIONAL_DE_MANEJO_DE_AGUAS_RESIDUALES_MUNICIPALES_EN_COLOMBIA.pdf
- Molinos, M ; Hernandez, F y Sala, R. (2012). Estado Actual y Evolucion del Saneamiento y la Depuracion de Aguas Residuales en el Contexto Nacional e Internacional. *Análisis de Geografía*, 32(1), 12 (8), 69-89.
- Municipio de Silvania. (2000). *Plan Basico de Ordenamiento Teritorial.* Silvania.
- Niño, C. (2000). *Metodología de la Investigación* . Bogotá: Panamericana editores.
- Noyola, A; Morgan, J y Guereca, L. (2013). *Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales.* Mexico D.F: Universidad Autonoma de Mexico.
- Nuevaferia. (2017). *Tamices estáticos.* Obtenido de <http://www.nuevaferia.com.ar/company/products/images/enviroline/10141/DSC00668.jpg>
- Resolución 081. (2001). *por la cual se adopta un formulario de información relacionada con el cobro de la tasa retributiva y el estado de los recursos y se adoptan otras determinaciones.* Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente.
- Resolución 1096. (2000). *"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua*

- Potable y Saneamiento Básico – RAS*". Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico .
- Resolución 1207. (2014). *Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Resolución 1433 . (2004). *Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial.
- Resolucion 2145 . (2005). *Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Resolución 372 . (1998). *Por la cual se establecen los elementos que deben contener los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Baterías Usadas Plomo Acido, y se adoptan otras disposiciones*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Resolución 631 . (2015). *Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones*. Bogotá: El Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Rueda,J. (1999). *El campo y la ciudad: Colombia, de país rural a país urbano*. Recuperado el 26 de noviembre de 2017, de <http://www.banrepcultural.org/node/32860>
- Ruiz, R. (2006). *Historia y evolución del pensamiento científico*. México: Enciclopedia Virtual de las Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas.
- Salazar, D . (2015). *Estudio del impacto ambiental generado por vertimientos provenientes de un establecimiento penitenciario de orden nacional al recurso hídrico. "estudio de caso"*.

Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.

Satirnet. (2015). *Cribado*. Obtenido de http://www.satirnet.com/satirnet/wp-content/uploads/2014/04/Figura_18.jpg

Taylor, S. y Bogdan, R. (1989). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*.
Barcelona: Paidós editores.

Varon, M ; Peña, G ; Meike, V y Madera, C. (2003). Humedales de Flujo Subsuperficial: Una Alternativa Natural para el tratamiento de Aguas Residuales Domesticas en Zonas Tropicales. *Ingenieria y Competitividad, Volumen 5, 11 (34),27-35*.

Anexos

Anexo A. Definiciones

Acuífero. Unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua.

Aguas servidas. Residuos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial.

Autoridades Ambientales Competentes. Se entiende por autoridad ambiental competente, de acuerdo a sus respectivas competencias las siguientes:

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Las Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible.

Los municipios, distritos y áreas metropolitanas cuya población dentro de su perímetro urbano sea igual o superior a un millón de habitantes.

Las autoridades ambientales de que trata el artículo 13 de la Ley 768 de 2002.

(Decreto 3930, 2010, p.4).

Capacidad de asimilación y dilución. Capacidad de un cuerpo de agua para aceptar y degradar sustancias, elementos o formas de energía, a través de procesos naturales, físicos químicos o biológicos sin que se afecten los criterios de calidad e impidan los usos asignados.

Carga contaminante. Es el producto de la concentración másica promedio de una sustancia por el caudal volumétrico promedio del líquido que la contiene determinado en el mismo sitio;

en un vertimiento se expresa en kilogramos por día (kg/d).

Cauce natural. Faja de terreno que ocupan las aguas de una corriente al alcanzar sus niveles máximos por efecto de las crecientes ordinarias.

Cauces artificiales. Conductos descubiertos, construidos por el ser humano para diversos fines, en los cuales discurre agua de forma permanente o intermitente.

Caudal ambiental. Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas.

Concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido. La relación existente entre su masa y el volumen del líquido que lo contiene.

Cuerpo de agua. Sistema de origen natural o artificial localizado, sobre la superficie terrestre, conformado por elementos físicos-bióticos y masas o volúmenes de agua, contenidas o en movimiento.

Lodo. Suspensión de un sólido en un líquido proveniente de tratamiento de aguas, residuos líquidos u otros similares.

Muestra puntual. Es la muestra individual representativa en un determinado momento.

Muestra compuesta. Es la mezcla de varias muestras puntuales de una misma fuente, tomadas a intervalos programados y por períodos determinados, las cuales pueden tener volúmenes iguales o ser proporcionales al caudal durante el período de muestras.

Muestra integrada. La muestra integrada es aquella que se forma por la mezcla de muestras puntuales tomadas de diferentes puntos simultáneamente, o lo más cerca posible. Un ejemplo de este tipo de muestra ocurre en un río o corriente que varía en composición de acuerdo

con el ancho y la profundidad.

Norma de vertimiento. Conjunto de parámetros y valores que debe cumplir el vertimiento en el momento de la descarga.

Objetivo de calidad. Conjunto de parámetros que se utilizan para definir la idoneidad del recurso hídrico para un determinado uso.

Parámetro. Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico.

Punto de control del vertimiento. Lugar técnicamente definido y acondicionado para la toma de muestras de las aguas residuales de los usuarios de la autoridad ambiental o de los suscriptores y/o usuarios del prestador del servicio público domiciliario de alcantarillado, localizado entre el sistema de tratamiento y el punto de descarga.

Punto de descarga. Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.

Recurso hídrico. Aguas superficiales, subterráneas, meteóricas y marinas.

Reúso del agua. Utilización de los efluentes líquidos previo cumplimiento del criterio de calidad.

Soluciones individuales de saneamiento. Sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales implementados en el sitio de origen.

Toxicidad. La propiedad que tiene una sustancia, elemento o compuesto, de causar daños en la salud humana o la muerte de un organismo vivo.

Usuario y/o suscriptor de una Empresa Prestadora del Servicio Público de Alcantarillado. Toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que realice vertimientos al sistema de alcantarillado público.

Vertimiento. Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

Vertimiento puntual. El que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.

Vertimiento no puntual. Aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua o al suelo, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.

Zona de mezcla. Área técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea de este con el cuerpo receptor; en la zona de mezcla se permite sobrepasar los criterios de calidad de agua para el uso asignado, siempre y cuando se cumplan las normas de vertimiento.

Anexo B. Formato Encuesta

Fecha: _____

Nombre del Entrevistado: _____

Empresa: _____

OBJETIVO: Conocer el estado de avance de las obras de saneamiento básico respecto al manejo de los vertimientos directos de las aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado del casco urbano del municipio de Sylvania sobre el cuerpo receptor río Subía.

PREGUNTA 1. ¿Cómo avanzan las actividades para optimizar el manejo y tratamiento de las aguas residuales del casco urbano del municipio de Sylvania?

PREGUNTA 2. ¿Cuál es el avance en el proceso de implementación de plan maestro de acueducto y alcantarillado?

PREGUNTA 3. ¿Desde su conocimiento y de acuerdo con las características de las aguas residuales del municipio de Silvania que tipo de tratamiento recomendaría implementar?

PREGUNTA 4. ¿Qué recursos económicos dispone la entidad que representa para apoyar el tratamiento de las aguas residuales del casco urbano del municipio de Silvania?

PREGUNTA 5. ¿En qué año estima que el casco urbano del municipio de Silvania contara con un sistema de tratamiento para sus aguas residuales?

Entrevistador: _____

Anexo C. Informe del Laboratorio Vertimientos Municipio de Sylvania.

REPORTE DE RESULTADOS

GA-PR-15-FR-01 V05
2012-12-04
INFORME N°: **141**

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO
Municipio de muestreo: SILVANIA
Fecha Muestreo: 2013-02-13
Recepción: 2013-02-13
Reporte: 2013-02-20

Teléfono: 3137663505
Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 OFC. 304 BOGOTÁ D.C.
Comisión de muestreo: OLAM-CAR
RICARDO FIQUITIVA
MAYERLY CASTRO

Realizada mediante COT No. 372 del 26/09/2012
Solicitud: _____
N° de muestras: 2
Plan de muestreo No. 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 376 VERTIMIENTO ACAPULCO Muestra N° 377 VERTIMIENTO PUENTE DE COLORES Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico (Ref. Standard Methods Edición 21)	Fecha Análisis	VMD / LCM	LÍMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°	
							376	377
12	Conductividad *	µS / cm	Electrométrico (2510 B)	2013-02-14	LCM 15,0		338 +/- 32,00	1726 +/- 165
14	DBO *	mg O ₂ / L	Prueba de 5 días (5210 B)	2013-02-14	LCM 2,0	> 80% remocion	185 +/- 13,00	946 +/- 68,00
16	DQO *	mg O ₂ / L	Reflujo Abierto (5220 B)	2013-02-15	LCM 10,0		338 +/- 24,00	1647 +/- 115
24	Fósforo Total*	mg-P / L	Ácido Ascórbico (4500-P E)	2013-02-15	LCM 0,060		1,342 +/- 0,060	13,473 +/- 0,606
30	Oxígeno Disuelto *	mg O ₂ / L	Modificación Azida/Electrodo de membrana (4500-O C/G)	2013-02-14	LCM 0,0		3,8 +/- 0,10	4,1 +/- 0,10
33	pH en campo*	Unidades	Electrométrico (4500 H')	2013-02-13	LCM 1,0	5,0-9,0	7,3 +/- 0,10	7,6 +/- 0,10
36	Sólidos Suspendedos *	mg-SST / L	Secado a 103-105°C (2540 D)	2013-02-15	LCM 5,0	>80% remocion	143 +/- 5,00	547 +/- 18,00
44	Coliformes Totales *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-02-14	LCM <		>2,4E+06 +/- 0,05	>2,4E+06 +/- 0,05
45	E. coli *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-02-14	LCM <		2,0E+06 +/- 0,05	1,4E+06 +/- 0,05

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 del 10 de Septiembre de 2007, N° 504 del 18 de diciembre de 2008, N° 914 del 10 de junio de 2009, No. 323 del 12 Febrero 2010, No. 2327 del 10 de Diciembre de 2010 y No 776 del 08 de mayo de 2012

NR No Representativo
VMD Valor Mínimo Detectable
LCM Límite Cuantificación

Norma de referencia: Decreto 1594-84. Ministerio de Agricultura Artículos 72 y 74 para agua residual, vertimientos a cuerpos de agua

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°	
	UNIDADES	LÍMITE PERMISIVO	376	377
Caudal	lps		0,45	0,72
Temperatura agua	° C	<40	21,6	22,5
Temperatura aire	° C			
Luvia	Sí/No		NO	NO
Tipo de agua			RESIDUAL	RESIDUAL
Tipo de Muestreo			COMPUESTA	COMPUESTA
Hora de toma			10:00 A 15:50	10:10 A 16:00
Georreferenciación	Long (Y):		978682	978651
	Latitud (X):		965864	965721
	Altitud (msnm):		1454	1466
	Error GPS (m):		3	3

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCIÓN CAR No. 970 DEL 11 DE ABRIL DE 2012

RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No 376 377

OBSERVACIONES: LA COMISIÓN NO CONTO CON EQUIPOS EN CAMPO POR MANTENIMIENTO Y EL CONDUCTIMETRO NO RECIBE CALIBRACIÓN. LOS PUNTOS FUERON INDICADOS POR EL JEFE OFC. SERVICIOS PÚBLICOS. EN LA SEMANA ANTERIOR AL MUESTREO SE HAN PRESENTADO FUERTES LLUVIAS EN LA ZONA. EN EL PARÁMETRO DOO LA MUESTRA NO.377 PRESENTA ALTO CONTENIDO DE CLORO. EN EL PARÁMETRO O.DISUELTO PRESENTA CONTENIDO DE SÓLIDOS. EN EL PARÁMETRO DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS LA MUESTRA NO.377 SE PRESENTA DENSA Y VERDOSA.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:

JAVIER SALAS PARRA
Servicio al Cliente

Vo. Bo. Jefe de Oficina Laboratorio Ambiental /
Vo.Bo. Responsable de Calidad

REPORTE DE RESULTADOS

GA-PR-15-FR-01 V05 2012-12-04
INFORME N°: 141

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ Teléfono: 3137663505
 PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 OFC. 304 BOGOTÁ D.C.
 Municipio de muestreo: SILVANIA
 Fecha Muestreo: 2013-02-13 Comisión de muestreo: OLAM -CAR
 Recepción: 2013-02-13 RICARDO FIQUITIVA
 Reporte: 2013-02-20 MAYERLY CASTRO

Realizada mediante COT No. 372 del
Solicitud: 26/09/2012

N° de muestras: 2
Plan de muestreo No. 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 376 VERTIMIENTO ACAPULCO Muestra N° 377 VERTIMIENTO PUENTE DE COLORES Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

TABLA DE DATOS MUESTREO COMPUESTO

MUESTRA	376									
	SITIO	VERTIMIENTO ACAPULCO								
		HORA	PH	OD	COND	Temp. Aire °C	Temp. Agua °C	Q (l/s)	VOLUMEN ALICUOTA ml.	
							DBO	DQO	MET	
	10:00	7,3				21,2	0,79	440	220	110,0279
	10:50	7,5				21,7	0,50	279	139	69,63788
	11:40	7,3				21,5	0,64	357	178	89,13649
	12:30	7,2				22,0	0,38	212	106	52,92479
	13:20	7,3				21,6	0,40	223	111	55,71031
	14:10	7,3				21,7	0,39	217	109	54,31755
	15:00	7,2				21,7	0,23	128	64	32,03343
	15:50	7,3				21,6	0,26	145	72	36,2117
Promedio		7,3				21,6	0,45	2000	1000	500

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS PUNTUALES SE TOMARON A LAS 12:30

MUESTRA	377									
	SITIO	VERTIMIENTO PUENTE DE COLORES								
		HORA	PH	OD	COND	Temp. Aire °C	Temp. Agua °C	Q (l/s)	VOLUMEN ALICUOTA ml.	
							DBO	DQO	MET	
	10:10	7,6				22,2	0,51	177	88	44,19411
	11:00	7,7				22,2	0,45	156	78	38,9948
	11:50	7,1				22,3	1,17	406	203	101,3865
	12:40	7,7				22,7	0,72	250	125	62,39168
	13:30	7,2				23,0	0,76	263	132	65,85789
	14:20	7,2				22,9	0,70	243	121	60,65858
	15:10	8,4				22,3	0,77	267	133	66,72444
	16:00	8,3				22,1	0,69	239	120	59,79203
Promedio		7,6				22,5	0,72	2000	1000	500

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS PUNTUALES SE TOMARON A LAS 12:40

REPORTE DE RESULTADOS

GA-PR-15-FR-01 V05 2012-12-04
INFORME N°: 113

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ Teléfono: 3137663505 Realizada mediante COT No. 372 del 26/09/2012

PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 OFC. 304 BOGOTÁ D.C. Solicitud:

Municipio de muestreo: SILVANIA

Fecha Muestreo: 2013-02-06 **Comisión de muestreo:** OLAM-CAR **N° de muestras:** 2

Recepción: 2013-02-06 MANUEL VARGAS

Reporte: 2013-02-18 MAYERLY CASTRO **Plan de muestreo No.:** 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 314 AGUAS ARRIBA VERTIMIENTO RÍO SUBIA Muestra N° 315 VERTIMIENTO COLISEO Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico (Ref. Standard Methods Edición 21)	Fecha Análisis	VMD / LCM	LÍMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°.		
							314	315	
13	Conductividad de campo*	µS / cm	Electrométrico (2510 B)	2013-02-06	LCM 0,0		54,0	422	
14	DBO *	mg O ₂ / L	Prueba de 5 días (5210 B)	2013-02-07	LCM 2,0	> 80% remoción	2,7	+/- 0,20	28,6 +/- 2,10
16	DQO *	mg O ₂ / L	Reflujo Abierto (5220 B)	2013-02-07	LCM 10,0		33,5	+/- 2,30	83,8 +/- 5,90
24	Fósforo Total*	mg-P / L	Ácido Ascórbico (4500-P E)	2013-01-07	LCM 0,060		0,197	+/- 0,009	0,830 +/- 0,037
30	Oxígeno Disuelto *	mg O ₂ / L	Modificación Azida/Electrodo de membrana (4500-O C/G)	2013-02-07	LCM 0,0		7,5	+/- 0,20	4,3 +/- 0,10
33	pH en campo*	Unidades	Electrométrico (4500 H*)	2013-02-06	LCM 1,0	5,0-9,0	6,7	+/- 0,04	8,1 +/- 0,10
36	Sólidos Suspendedos *	mg-SST / L	Secado a 103-105°C (2540 D)	2013-02-11	LCM 5,0	>80% remoción	73,0	+/- 2,40	87,0 +/- 2,90
44	Coliformes Totales *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-02-07	LCM <1		1,4E+05	+/- 0,05	3,9E+06 +/- 0,05
45	E. coli *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-02-07	LCM <1		3,0E+04	+/- 0,05	4,4E+05 +/- 0,05

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 del 10 de Septiembre de 2007, N° 504 del 18 de diciembre de 2008, N° 914 del 10 de junio de 2009, No. 323 del 12 Febrero 2010, No. 2327 del 10 de Diciembre de 2010 y No 776 del 08 de mayo de 2012

NR No Representativo
VMD Valor Mínimo Detectable
LCM Limite Cuantificación

Norma de referencia: Decreto 1594-84. Ministerio de Agricultura Artículos 72 y 74 para agua residual, vertimientos a cuerpos de agua

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°.	
	UNIDADES	LÍMITE PERMISIVO	314	315
Caudal	lps			0,02
Temperatura agua	° C	<40	19,6	23,1
Temperatura aire	° C			
Lluvia	Si/No		NO	NO
Tipo de agua			SUPERFICIAL	RESIDUAL
Tipo de Muestreo			PUNTUAL	COMPUESTA
Hora de toma			14:45:00	08:30 A 15:30
Georreferenciación	Long (Y):		978647	978668
	Latitud (X):		966014	965878
	Altitud (msnm):		1452	1459
	Error GPS (m):		+/-3	+/-3

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 970 DEL 11 DE ABRIL DE 2012

RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No 314 315

OBSERVACIONES: NO SE AFORA POR VADEO PORQUE LA LAMINA DE AGUA ESTA MUY ALTA, SE AFORARA EN EL PROXIMO MUESTREO. SE MONITOREO EL VERTIMIENTO LADINO, PERO NINGUN MOMENTO PRESENTO VERTIMIENTO.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:

JAVIER SALAS PARRA
Servicio al Cliente

Vo. Bo. Jefe de Oficina Laboratorio Ambiental /
Vo.Bo. Responsable de Calidad

REPORTE DE RESULTADOS

GA-PR-15-FR-01 V05
2012-12-04
INFORME N°: **113**

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ Teléfono: 3137663505 Realizada mediante COT No. 372 del
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 Solicitud: 26/09/2012
OFC. 304 BOGOTÁ D.C.
Municipio de muestreo: SILVANIA Comisión de muestreo: OLAM -CAR N° de muestras: 1
Fecha Muestreo: 2013-02-06 MANUEL VARGAS
Recepción: 2013-02-06 MAYERLY CASTRO
Reporte: 2013-02-18 MAYERLY CASTRO Plan de muestreo No. 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 315 VERTIMIENTO COLISEO Muestra N° _____ Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

TABLA DE DATOS MUESTREO COMPUESTO

MUESTRA	315								
	VERTIMIENTO COLISEO								
	SITIO	PH	OD	COND	Temp. Aire °C	Temp. Agua °C	Q (l/s)	VOLUMEN ALICUOTA ml.	
DBO								DQO	MET
08:30	8,0		432		22,5	0,02	267	133	
09:30	7,9		435		22,6	0,02	267	133	
10:30	7,9		429		23,7	0,03	400	200	
11:30	7,9		405		23,8	0,02	267	133	
12:30	8,0		403		23,0	0,02	267	133	
13:30	8,8		440		23,8	0,02	267	133	
14:30	8,1		420		22,6	0,01	133	67	
15:30	8,0		411		22,6	0,01	133	67	
Promedio	8,1		422		23,1	0,02	2000	1000	

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS PUNTUALES DEL COMPUESTO SE TOMARON A LAS 12:30

REPORTE DE RESULTADOS

GA-PR-15-FR-01 V05 2012-12-04
INFORME N°: 162

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ Teléfono: 3137663505
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 OFC. 304 BOGOTÁ D.C.
 Realizada mediante COT No. 372 del 26/09/2012
Municipio de muestreo: SILVANIA
Fecha Muestreo: 2013-02-18 **Comisión de muestreo:** OLAM-CAR **N° de muestras:** 2
Recepción: 2013-02-18 MIGUEL MANRIQUE
Reporte: 2013-02-28 MAYERLY CASTRO **Plan de muestreo No.:** 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 416 VERTIMIENTO BOX COULVERT Muestra N° 417 VERTIMIENTO CALLE ECOLOGICA Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico (Ref. Standard Methods Edición 21)	Fecha Análisis	VMD / LCM	LÍMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°	
							416	417
13	Conductividad de campo*	µS / cm	Electrométrico (2510 B)	2013-02-18	LCM	0,0	496	689
14	DBO *	mg O ₂ / L	Prueba de 5 días (5210 B)	2013-02-19	LCM	2,0 > 80% remoción	241 +/- 17,00	419 +/- 30,00
16	DQO *	mg O ₂ / L	Reflujo Abierto (5220 B)	2013-02-19	LCM	10,0	337 +/- 24,00	845 +/- 59,00
24	Fósforo Total*	mg-P/ L	Ácido Ascórbico (4500-P E)	2013-02-20	LCM	0,060	3,204 +/- 0,144	6,227 +/- 0,280
30	Oxígeno Disuelto *	mg O ₂ / L	Modificación Azida/Electrodo de membrana (4500-O C/G)	2013-02-19	LCM	0,0	4,4 +/- 0,10	3,4 +/- 0,10
33	pH en campo*	Unidades	Electrométrico (4500 H*)	2013-02-18	LCM	1,0 5,0-9,0	7,7 +/- 0,10	7,8 +/- 0,10
36	Sólidos Suspendedos *	mg-SST / L	Secado a 103-105°C (2540 D)	2013-02-21	LCM	5,0 >80% remoción	123 +/- 4,00	308 +/- 10,00
44	Coliformes Totales *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-02-19	LCM	<1	3,3E+07 +/- 0,05	2,4E+07 +/- 0,05
45	E. coli *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-02-19	LCM	<1	6,7E+06 +/- 0,05	1,3E+07 +/- 0,05

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 del 10 de Septiembre de 2007, N° 504 del 18 de diciembre de 2008, N° 914 del 10 de junio de 2009, No. 323 del 12 Febrero 2010, No. 2327 del 10 de Diciembre de 2010 y No 776 del 08 de mayo de 2012

NR No Representativo
 VMD Valor Mínimo Detectable
 LCM Limite Cuantificación

Norma de referencia: Decreto 1594-84. Ministerio de Agricultura Artículos 72 y 74 para agua residual, vertimientos a cuerpos de agua

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°	
	UNIDADES	LÍMITE PERMISIVO	416	417
Caudal	lps		6,28	2,03
Temperatura agua	° C	<40	21,2	21,4
Temperatura aire	° C			
Lluvia	Sí/No		NO	NO
Tipo de agua			RESIDUAL	RESIDUAL
Tipo de Muestreo			COMPUESTO	COMPUESTO
Hora de toma			10:00 A 17:00	10:05 A 17:05
Georreferenciación	Long (Y):		978656	978600
	Latitud (X):		965794	965680
	Altitud (msnm):		1466	1480
	Error GPS (m):		+/-8	+/-6

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 970 DEL 11 DE ABRIL DE 2012

RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No 416 417

OBSERVACIONES: LA COMISION NO CONTO CON EQUIPOS DE OXIGENO POR MANTENIMIENTO. LOS PUNTOS FUERON INDICADOS POR EL SR. GUILLERMO GOMEZ DEL MUNICIPIO DE SILVANIA. EN EL PARAMETRO OXIGENO DISUELTO LAS MUESTRAS PRESENTAN ALTO CONTENIDO DE SÓLIDOS.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:

JAVIER SALAS PARRA
 Servicio al Cliente

 Vo. Bo. Jefe de Oficina Laboratorio Ambiental /
 Vo.Bo. Responsable de Calidad

REPORTE DE RESULTADOS

GA-PR-15-FR-01 V05 2012-12-04
INFORME N°: 162

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO

Teléfono: 3137663505
Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 OFC. 304 BOGOTÁ D.C.

Realizada mediante COT No. 372 del
Solicitud: 26/09/2012

Municipio de muestreo: SILVANIA
Fecha Muestreo: 2013-02-18
Recepción: 2013-02-18
Reporte: 2013-02-28

Comisión de muestreo: OLAM -CAR
MIGUEL MANRIQUE
MAYERLY CASTRO

N° de muestras: 2
Plan de muestreo No. 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 416 VERTIMIENTO BOX COULVERT

Muestra N° 417 VERTIMIENTO CALLE ECOLOGICA

Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

TABLA DE DATOS MUESTREO COMPUESTO

MUESTRA 416										
VERTIMIENTO BOX COULVERT										
HORA	PH	OD	COND	Temp.		Q (l/s)	VOLUMEN ALICUOTA ml.			
				Aire °C	Agua °C		DBO	DQO	MET	
10:00	7,8		552		21,1	4,72	188	94		
11:00	7,9		533		21,0	8,02	319	160		
12:00	7,7		474		21,0	7,69	306	153		
13:00	7,6		462		21,6	7,69	306	153		
14:00	7,6		481		21,3	5,55	221	110		
15:00	7,6		490		21,2	5,55	221	110		
16:00	7,6		500		21,2	6,45	257	128		
17:00	7,6		477		21,5	4,58	182	91		
Promedio	7,7		496		21,2	6,28	2000	1000		

MUESTRA 417										
VERTIMIENTO CALLE ECOLOGICA										
HORA	PH	OD	COND	Temp.		Q (l/s)	VOLUMEN ALICUOTA ml.			
				Aire °C	Agua °C		DBO	DQO	MET	
10:05	7,7		672		21,4	2,73	336	168		
11:05	7,9		736		21,2	2,53	312	156		
12:05	7,7		809		21,5	2,52	311	155		
13:05	7,8		782		21,4	1,62	200	100		
14:05	7,8		730		21,4	2,84	350	175		
15:05	7,7		496		21,3	1,39	171	86		
16:05	7,8		564		21,5	1,36	168	84		
15:05	8,0		726		21,6	1,24	153	76		
Promedio	7,8		689		21,4	2,03	2000	1000		

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS PUNTUALES SE TOMARON A LA 13:00 Y 13:05 RESPECTIVAMENTE.

REPORTE DE RESULTADOS

GA-PR-15-FR-01 V05
2012-12-04
INFORME N°: **163**

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ Teléfono: 3137663505 Realizada mediante COT No. 372 del 26/09/2012

PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 OFC. 304 BOGOTÁ D.C. Solicitud: _____

Municipio de muestreo: SILVANIA

Fecha Muestreo: 2013-02-20 Comisión de muestreo: OLAM-CAR N° de muestras: 2

Recepción: 2013-02-20 MAYERLY CASTRO

Reporte: 2013-02-28 MANUEL VARGAS Plan de muestreo No. 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 423 VERTIMIENTO SANTA INES Muestra N° 424 VERTIMIENTO PLAZA Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico (Ref. Standard Methods Edición 21)	Fecha Análisis	VMD / LCM	LÍMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°			
							423	424		
12	Conductividad *	µS / cm	Electrométrico (2510 B)	2013-02-21	LCM 15,0		1513	+/- 144	467	+/- 45,00
14	DBO *	mg O ₂ / L	Prueba de 5 días (5210 B)	2013-02-21	LCM 2,0	> 80% remocion	674	+/- 49,00	277	+/- 20,00
16	DQO *	mg O ₂ / L	Reflujo Abierto (5220 B)	2013-02-22	LCM 10,0		1475	+/- 103	355	+/- 25,00
24	Fósforo Total*	mg-P/L	Ácido Ascórbico (4500-P E)	2013-02-22	LCM 0,060		5,939	+/- 0,267	0,376	+/- 0,017
30	Oxígeno Disuelto *	mg O ₂ / L	Modificación Azida/Electrodo de membrana (4500-O C/G)	2013-02-21	LCM 0,0		1,5	+/- 0,04	1,2	+/- 0,03
32	pH *	Unidades	Electrométrico (4500 H')	2013-02-21	LCM 1,0	5,0-9,0	8,6	+/- 0,10	7,6	+/- 0,10
36	Sólidos Suspendedos *	mg-SST / L	Secado a 103-105°C (2540 D)	2013-02-22	LCM 5,0	>80% remocion	975	+/- 32,00	165	+/- 5,00
44	Coliformes Totales *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-02-21	LCM <		3,3E+07	+/- 0,05	1,1E+07	+/- 0,05
45	E. coli *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-02-21	LCM <		2,4E+07	+/- 0,05	2,0E+06	+/- 0,05

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 del 10 de Septiembre de 2007, N° 504 del 18 de diciembre de 2008, N° 914 del 10 de junio de 2009, No. 323 del 12 Febrero 2010, No. 2327 del 10 de Diciembre de 2010 y No 776 del 08 de mayo de 2012

NR No Representativo
VMD Valor Mínimo Detectable
LCM Límite Cuantificación

Norma de referencia: Decreto 1594-84. Ministerio de Agricultura Artículos 72 y 74 para agua residual, vertimientos a cuerpos de agua

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°	
	UNIDADES	LÍMITE PERMISIVO	423	424
Caudal	lps		0,39	1,75
Temperatura agua	° C	<40		
Temperatura aire	° C			
Luvia	Si/No		NO	NO
Tipo de agua			RESIDUAL	RESIDUAL
Tipo de Muestreo			COMPUESTA	COMPUESTA
Hora de toma			07:00 A 14:00	07:10 A 14:10
Georreferenciación	Long (Y):		978508	978364
	Latitud (X):		965554	965336
	Altitud (msnm):		1463	1461
	Error GPS (m):		+/-3	+/-3

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 970 DEL 11 DE ABRIL DE 2012

RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No 423 424

OBSERVACIONES: LA COMISIONNO CON EQUIPOS EN CAMPO. EN EL PARÁMETRO DQO LA MUESTRA NO.423 PRESENTA CONTENIDO DE CLORO.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:

JAVIER SALAS PARRA
Servicio al Cliente

Vo. Bo. Jefe de Oficina Laboratorio Ambiental /
Vo.Bo. Responsable de Calidad

REPORTE DE RESULTADOS

INFORME N°:

GA-PR-15-FR-01 V05 2012-12-04
163

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO

Teléfono: 3137663505
Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 OFC. 304 BOGOTÁ D.C.

Realizada mediante COT No. 372 del
Solicitud: 26/09/2012

Municipio de muestreo: SILVANIA
Fecha Muestreo: 2013-02-20
Recepción: 2013-02-20
Reporte: 2013-02-28

Comisión de muestreo: OLAM -CAR
MAYERLY CASTRO
MANUEL VARGAS

N° de muestras: 2
Plan de muestreo No. 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 423 VERTIMIENTO SANTA INES
Muestra N° 424 VERTIMIENTO PLAZA
Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

TABLA DE DATOS MUESTREO COMPUESTO

MUESTRA		423									
SITIO		VERTIMIENTO SANTA INES									
HORA	PH	OD	COND	Temp. Aire °C	Temp. Agua °C	Q (l/s)	VOLUMEN				
							DBO	DQO	MET		
07:00						0,37	240	120			
08:00						0,43	279	140			
09:00						0,76	494	247			
10:00						0,38	247	123			
11:00						0,46	299	149			
12:00						0,31	201	101			
13:00						0,25	162	81			
14:00						0,12	78	39			
Promedio						0,39	2000	1000			

MUESTRA		424									
SITIO		VERTIMIENTO PLAZA									
HORA	PH	OD	COND	Temp. Aire °C	Temp. Agua °C	Q (l/s)	VOLUMEN				
							DBO	DQO	MET		
07:10						2,34	334	167			
08:10						2,13	304	152			
09:10						2,20	314	157			
10:10						2,03	290	145			
11:10						1,75	250	125			
12:10						1,17	167	84			
13:10						1,18	168	84			
14:10						1,21	173	86			
Promedio						1,75	2000	1000			

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS PUNTUALES SE TOMARON A LAS 11:00 A.M. Y 11:10 A.M. RESPECTIVAMENTE

REPORTE DE RESULTADOS

GA-PR-15-FR-01 V05
2012-12-04
INFORME N°: **164**

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ Teléfono: 3137663505 Realizada mediante COT No. 372 del 26/09/2012
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 OFC. 304 BOGOTÁ D.C. Solicitud:
Municipio de muestreo: SILVANIA
Fecha Muestreo: 2013-02-19 Comisión de muestreo: OLAM-CAR N° de muestras: 1
Recepción: 2013-02-19 SAIDA GOMEZ
Reporte: 2013-02-28 JENNY RICO Plan de muestreo No. 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 419 VERTIMIENTO SECTOR BONANZA Muestra N° _____
Muestra N° _____
Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico (Ref. Standard Methods Edición 21)	Fecha Análisis	VMD / LCM	LÍMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°	
							419	
13	Conductividad de campo*	µS / cm	Electrométrico (2510 B)	2013-02-19	LCM 0,0		567	
14	DBO *	mg O ₂ / L	Prueba de 5 días (5210 B)	2013-02-20	LCM 2,0	> 80% remoción	306	+/- 22,00
16	DQO *	mg O ₂ / L	Reflujo Abierto (5220 B)	2013-02-22	LCM 10,0		469	+/- 33,00
24	Fósforo Total*	mg-P/ L	Ácido Ascórbico (4500-P E)	2013-02-20	LCM 0,060		4,565	+/- 0,205
30	Oxígeno Disuelto *	mg O ₂ / L	Modificación Azida/Electrodo de membrana (4500-O C/G)	2013-02-20	LCM 0,0		1,9	+/- 0,05
32	pH *	Unidades	Electrométrico (4500 H*)	2013-02-20	LCM 1,0	5,0-9,0	7,4	+/- 0,10
36	Sólidos Suspendidos *	mg-SST / L	Secado a 103-105°C (2540 D)	2013-02-22	LCM 5,0	>80% remoción	253	+/- 8,00
44	Coliformes Totales *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-02-20	LCM <1		3,0E+07	+/- 0,05
45	E. coli *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-02-20	LCM <1		1,1E+07	+/- 0,05

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 del 10 de Septiembre de 2007, N° 504 del 18 de diciembre de 2008, N° 914 del 10 de junio de 2009, No. 323 del 12 Febrero 2010, No. 2327 del 10 de Diciembre de 2010 y No 776 del 08 de mayo de 2012

NR No Representativo
VMD Valor Mínimo Detectable
LCM Límite Cuantificación

Norma de referencia: Decreto 1594-84, Ministerio de Agricultura Artículos 72 y 74 para agua residual, vertimientos a cuerpos de agua

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°	
	UNIDADES	LÍMITE PERMISIVO	419	
Caudal	lps		1,83	
Temperatura agua	° C	<40	23,0	
Temperatura aire	° C			
Lluvia	Sí/No		NO	
Tipo de agua			RESIDUAL	
Tipo de Muestreo			COMPUUESTO	
Hora de toma			08:00 A 15:00	
Georreferenciación	Long (Y):		978510	
	Latitud (X):		965568	
	Altitud (msnm):		1440	
	Error GPS (m):		+/-3	

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCIÓN CAR No. 970 DEL 11 DE ABRIL DE 2012

RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No 419

OBSERVACIONES: LA COMISIÓN NO CONTÓ CON EQUIPOS EN CAMPO. EN EL PARÁMETRO DQO LA MUESTRA PRESENTA CONTENIDO DE CLORO. EN EL PARÁMETRO SÓLIDOS SUSPENDIDOS SE HACE REPETICIÓN PORQUE SE OBSERVO VARIACION EN EL FILTRADO DE LA PRIMERA MUESTRA.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:

JAVIER SALAS PARRA
Servicio al Cliente

Vo. Bo. Jefe de Oficina Laboratorio Ambiental /
Vo.Bo. Responsable de Calidad

REPORTE DE RESULTADOS

GA-PR-15-FR-01 V05 2012-12-04
INFORME N°: 164

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO

Teléfono: 3137663505
Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 OFC. 304 BOGOTÁ D.C.

Realizada mediante COT No. 372 del
Solicitud: 26/09/2012

Municipio de muestreo: SILVANIA
Fecha Muestreo: 2013-02-19
Recepción: 2013-02-19
Reporte: 2013-02-28

Comisión de muestreo: OLAM -CAR
SAIDA GOMEZ
JENNY RICO

N° de muestras: 1
Plan de muestreo No. 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 419 VERTIMIENTO SECTOR BONANZA

Muestra N° _____

Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

TABLA DE DATOS MUESTREO COMPUESTO

MUESTRA	419								
SITIO	VERTIMIENTO SECTOR BONANZA								
HORA	PH	OD	COND	Temp.	Temp.	Q (l/s)	VOLUMEN ALICUOTA ml.		
				Aire °C	Agua °C		DBO	DQO	MET
08:00			617		21,3	1,36	186	93	
09:00			621		21,4	1,60	218	109	
10:00			500		22,7	1,88	256	128	
11:00			581		22,5	1,97	269	134	
12:00			466		24,4	2,05	280	140	
13:00			509		23,1	2,72	371	186	
14:00			643		24,2	1,82	248	124	
15:00			598		24,3	1,26	172	86	
Promedio			567		23,0	1,83	2000	1000	

OBSERVACIONES:

REPORTE DE RESULTADOS

GA-PR-15-FR-01 V05
2012-12-04
INFORME N°: **200**

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ Teléfono: 3137663505 Realizada mediante COT No. 372 del 26/09/2012
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 OFC. 304 BOGOTÁ D.C. Solicitud: _____
Municipio de muestreo: SILVANIA
Fecha Muestreo: 2013-03-06 Comisión de muestreo: OLAM-CAR N° de muestras: 2
Recepción: 2013-03-06 RICARDO FIQUITIVA
Reporte: 2013-03-14 MAYERLY CASTRO Plan de muestreo No. 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 519 VERTIMIENTO ANTIGUA ESTACIÓN DE SERVICIO Muestra N° 520 VERTIMIENTO LADINO Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico (Ref. Standard Methods Edición 21)	Fecha Análisis	VMD / LCM	LIMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°	
							519	520
13	Conductividad de campo*	µS / cm	Electrométrico (2510 B)	2013-03-06	LCM 0,0		394 +/- 2,00	518 +/- 2,00
14	DBO *	mg O ₂ / L	Prueba de 5 días (5210 B)	2013-03-07	LCM 2,0	> 80% remoción	286 +/- 21,00	140 +/- 10,00
16	DQO *	mg O ₂ / L	Reflujo Abierto (5220 B)	2013-03-07	LCM 10,0		450 +/- 32,00	286 +/- 20,00
24	Fósforo Total*	mg-P/ L	Ácido Ascórbico (4500-P E)	2013-03-08	LCM 0,060		4,233 +/- 0,191	12,675 +/- 0,570
30	Oxígeno Disuelto *	mg O ₂ / L	Modificación Azida/Electrodo de membrana (4500-O C/G)	2013-03-07	LCM 0,0		2,0 +/- 0,05	2,2 +/- 0,10
33	pH en campo*	Unidades	Electrométrico (4500 H*)	2013-03-06	LCM 1,0	5,0-9,0	8,3 +/- 0,10	8,3 +/- 0,10
36	Sólidos Suspendidos *	mg-SST / L	Secado a 103-105°C (2540 D)	2013-03-08	LCM 5,0	>80% remoción	240 +/- 8,00	230 +/- 8,00
44	Coliformes Totales *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-03-07	LCM 1		>2,4E+06 +/- 0,05	>2,4E+06 +/- 0,05
45	E. coli *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-03-07	LCM 1		1,7E+06 +/- 0,05	1,3E+06 +/- 0,05

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 del 10 de Septiembre de 2007, N° 504 del 18 de diciembre de 2008, N° 914 del 10 de junio de 2009, No. 323 del 12 Febrero 2010, No. 2327 del 10 de Diciembre de 2010 y No 776 del 08 de mayo de 2012

NR No Representativo
VMD Valor Mínimo Detectable
LCM Limite Cuantificación

Norma de referencia: Decreto 1594-84. Ministerio de Agricultura Artículos 72 y 74 para agua residual, vertimientos a cuerpos de agua

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°	
	UNIDADES	LIMITE PERMISIVO	519	520
Caudal	lps		0,41	0,25
Temperatura agua	° C	<40	21,3	21,6
Temperatura aire	° C			
Lluvia	Si/No		SI	SI
Tipo de agua			RESIDUAL	RESIDUAL
Tipo de Muestreo			COMPUESTO	COMPUESTO
Hora de toma			8:30 A 15:30	8:40 A 15:40
Georreferenciación	Long (Y):		978648	978656
	Latitud (X):		966006	965979
	Altitud (msnm):		1463	1461
	Error GPS (m):		3	3

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 970 DEL 11 DE ABRIL DE 2012

RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No 519 520

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS PUNTUALES SE TOMARÓN A LAS 12:30 Y 12:40 / SE PRESENTARON LLUVIAS A PARTIR DE LAS 12:45, HASTA LAS 14:10 / PARÁMETRO SÓLIDOS SUSPENDIDOS, LAS MUESTRAS SE ENCUENTRAN TURBIAS Y DENSAS /

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:

JAVIER SALAS PARRA
Servicio al Cliente

Vo. Bo. Jefe de Oficina Laboratorio Ambiental /
Vo.Bo. Responsable de Calidad

REPORTE DE RESULTADOS

INFORME N°: GA-PR-15-FR-01 V05
2012-12-04
200

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ Teléfono: 3137663505 Realizada mediante COT No. 372 del 26/09/2012

PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50
OFC. 304 BOGOTÁ D.C.

Municipio de muestreo: SILVANIA Comisión de muestreo: OLAM -CAR N° de muestras: 2

Fecha Muestreo: 2013-03-06 Recepción: 2013-03-06 Reporte: 2013-03-14 RICARDO FIQUITIVA Plan de muestreo No. 34
MAYERLY CASTRO

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 519 VERTIMIENTO ANTIGUA ESTACIÓN DE SERVICIO Muestra N° 520 VERTIMIENTO LADINO Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

TABLA DE DATOS MUESTREO COMPUESTO

MUESTRA		519								
SITIO		VERTIMIENTO ANTIGUA ESTACIÓN DE SERVICIO								
HORA	PH	OD	COND	Temp. Aire °C	Temp. Agua °C	Q (l/s)	VOLUMEN ALICUOTA ml.			
							DBO	DQO	MET	
08:30	8,07		436		20,5	0,35	216	108		
09:30	8,12		440		20,8	0,38	235	117		
10:30	7,90		301		21,0	0,49	302	151		
11:30	8,42		519		21,6	0,34	210	105		
00:30	7,90		311		21,5	0,24	148	74		
01:30	8,94		471		21,8	0,68	420	210		
02:30	8,23		304		21,5	0,46	284	142		
03:30	8,45		367		21,4	0,30	185	93		
promedio	8,3	#DIV/0!	394	#DIV/0!	21,3	0,41	2000	1000	0	

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS PUNTALES SE TOMARÓN A LAS 12:30 Y 12:40

MUESTRA		520								
SITIO		VERTIMIENTO LADINO								
HORA	PH	OD	COND	Temp. Aire °C	Temp. Agua °C	Q (l/s)	VOLUME			
							DBO	DQO	MET	
08:40	8,46		597		21,1	0,09	90	45		
09:40	8,50		599		21,2	0,09	90	45		
10:40	8,16		626		21,5	0,19	189	95		
11:40	8,31		567		21,6	0,16	159	80		
00:40	8,19		613		21,9	0,17	169	85		
01:40	8,22		422		22,1	0,54	537	269		
02:40	8,24		275		21,7	0,58	577	289		
03:40	8,06		447		21,7	0,19	189	95		
promedio	8,3	#DIV/0!	518	#DIV/0!	21,6	0,25	2000	1000	0	

REPORTE DE RESULTADOS

GA-PR-15-FR-01 V05
2012-12-04
INFORME N°: **233**

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ Teléfono: 3137663505 Realizada mediante COT No. 372 del 26/09/2012
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 OFC. 304 BOGOTÁ D.C. Solicitud:
Municipio de muestreo: SILVANIA
Fecha Muestreo: 2013-03-12 Comisión de muestreo: OLAM-CAR N° de muestras: 3
Recepción: 2013-03-12 YENNY RICO
Reporte: 2013-03-22 LEONEL FORERO Plan de muestreo No. 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 563 QUEBRADA YAYATA, AGUAS ARRIBA DEL VERTIMIENTO DEL SECTOR ANTIGUO MATADERO Muestra N° 564 VERTIMIENTO DEL SECTOR ANTIGUO MATADERO Muestra N° 565 QUEBRADA YAYATA, AGUAS ABAJO DEL VERTIMIENTO DEL SECTOR ANTIGUO MATADERO

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico (Ref. Standard Methods Edición 21)	Fecha Análisis	VMD / LCM	LIMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°		
							563	564	565
13	Conductividad de campo*	µS / cm	Electrométrico (2510 B)	2013-03-12	LCM 0,0		138 +/- 0,10	574	151 +/- 0,10
14	DBO *	mg O ₂ / L	Prueba de 5 días (5210 B)	2013-03-13	LCM 2,0		8,3 +/- 0,60	533 +/- 38,00	15,4 +/- 1,10
16	DQO *	mg O ₂ / L	Reflujo Abierto (5220 B)	2013-03-13	LCM 10,0		27,3 +/- 1,90	646 +/- 45,00	44,3 +/- 3,10
24	Fósforo Total*	mg-P/ L	Ácido Ascórbico (4500-P E)	2013-03-14	LCM 0,060		0,220 +/- 0,010	9,050 +/- 0,407	0,406 +/- 0,018
30	Oxígeno Disuelto *	mg O ₂ / L	Modificación Azida/Electrodo de membrana (4500-O C/G)	2013-03-13	LCM 0,0		5,1 +/- 0,10	1,2 +/- 0,03	4,7 +/- 0,10
33	pH en campo*	Unidades	Electrométrico (4500 H*)	2013-03-12	LCM 1,0	5,0-9,0	7,8 +/- 0,10	8,3	7,8 +/- 0,10
36	Sólidos Suspendidos *	mg-SST / L	Secado a 103-105°C (2540 D)	2013-03-14	LCM 5,0		14,8 +/- 0,50	229 +/- 8,00	22,0 +/- 0,70
44	Coliformes Totales *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-03-14	LCM 20000	1,2E+06 +/- 0,05	1,3E+08 +/- 0,05	3,1E+06 +/- 0,05	
45	E. coli *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-03-14	LCM 2000	2,0E+05 +/- 0,05	1,7E+07 +/- 0,05	7,5E+05 +/- 0,05	

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 del 10 de Septiembre de 2007, N° 504 del 18 de diciembre de 2008, N° 914 del 10 de junio de 2009, No. 323 del 12 Febrero 2010, No. 2327 del 10 de Diciembre de 2010 y No 776 del 08 de mayo de 2012

NR No Representativo
VMD Valor Mínimo Detectable
LCM Limite Cuantificación

Norma de referencia: Decreto 1594-84. Ministerio de Agricultura, ARTICULO 38 AGUA SUPERFICIAL, CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA DESTINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA CONSUMO HUMANO Y PARA SU POTABILIZACIÓN SE REQUIERE TRATAMIENTO CONVENCIONAL

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°		
	UNIDADES	LIMITE PERMISIVO	563	564	565
Caudal	lps			0,26	
Temperatura agua	° C	<40	21,2	23,6	21,4
Temperatura aire	° C				
Lluvia	Si/No		NO	NO	NO
Tipo de agua			SUPERFICIAL	RESIDUAL	SUPERFICIAL
Tipo de Muestreo			PUNTUAL	COMPUESTO	PUNTUAL
Hora de toma			11:45:00	7:00 A 14:00	12:15:00
Georreferenciación	Long (Y):		978209	978200	978180
	Latitud (X):		965155	965155	965102
	Altitud (msnm):		1460	1460	1459
	Error GPS (m):		5	7	7

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 970 DEL 11 DE ABRIL DE 2012

RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No 563 564 565

OBSERVACIONES:

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:

JAVIER SALAS PARRA
Servicio al Cliente

Vo. Bo. Jefe de Oficina Laboratorio Ambiental /
Vo.Bo. Responsable de Calidad

REPORTE DE RESULTADOS

GA-PR-15-FR-01 V05 2012-12-04
INFORME N°: 233

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ Teléfono: 3137663505 Realizada mediante COT No. 372 del 26/09/2012

PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 OFC. 304 BOGOTÁ D.C. Solicitud: _____

Municipio de muestreo: SILVANIA Comisión de muestreo: OLAM -CAR N° de muestras: 1 DE 3

Fecha Muestreo: 2013-03-12 YENNY RICO
Recepción: 2013-03-12 LEONEL FORERO
Reporte: 2013-03-22 Plan de muestreo No. 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 564 VERTIMIENTO DEL SECTOR ANTIGUO MATADERO Muestra N° _____ Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

TABLA DE DATOS MUESTREO COMPUESTO

MUESTRA	564								
	VERTIMIENTO DEL SECTOR ANTIGUO MATADERO								
HORA	PH	OD	COND	Temp. Aire °C	Temp. Agua °C	Q (l/s)	VOLUMEN ALICUOTA ml.		
							DBO	DQO	MET
09:30	8,77		682		22,6	0,38	371	185	
10:00	8,31		514		24,0	0,14	137	68	
10:30	8,45		519		23,0	0,17	166	83	
11:00	7,86		625		24,1	0,18	176	88	
11:30	7,89		579		24,1	0,18	127	63	
12:00	8,25		912		24,4	0,23	224	112	
12:30	7,87		347		23,9	0,30	293	146	
01:00	7,91		415		22,9	0,52	507	254	
promedio	8,2		574		23,6	0,25	2000	1000	0

OBSERVACIONES:

MUESTRAS PUNTUALES TOMADAS CON LA ALICUOTA DE LAS 12:00

REPORTE DE RESULTADOS

GA-PR-15-FR-01 V05
2012-12-04
INFORME N°: **260**

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ Teléfono: 3137663505 Realizada mediante COT No. 372 del 26/09/2012
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50 OFC. 304 BOGOTÁ D.C. Solicitud:
Municipio de muestreo: SILVANIA
Fecha Muestreo: 2013-03-21 Comisión de muestreo: OLAM-CAR N° de muestras: 3
Recepción: 2013-03-21 SAIDA GÓMEZ
Reporte: 2013-04-02 LEONEL FORERO Plan de muestreo No. 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 653 RÍO BLANCO AGUAS ARRIBA DE VERTIMIENTO Muestra N° 654 VERTIMIENTO USATAMA - SILVANIA Muestra N° 655 RÍO BLANCO AGUAS ABAJO DE VERTIMIENTO USATAMA - SILVANIA

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

RESULTADOS ANALISIS AGUA

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico (Ref. Standard Methods Edición 21)	Fecha Análisis	VMD / LCM	LIMITE NORMATIVIDAD	MUESTRAS N°		
							653	654	655
12	Conductividad *	µS / cm	Electrométrico (2510 B)	2013-03-22	LCM 15,0		34,2 +/- 3,30	390 +/- 37,00	39,5 +/- 3,80
14	DBO *	mg O ₂ / L	Prueba de 5 días (5210 B)	2013-03-22	LCM 2,0		2,0 +/- 0,10	163 +/- 12,00	2,9 +/- 0,20
16	DQO *	mg O ₂ / L	Reflujo Abierto (5220 B)	2013-03-26	LCM 10,0		15,6 +/- 1,10	264 +/- 19,00	27,2 +/- 1,90
24	Fósforo Total*	mg-P / L	Ácido Ascórbico (4500-P E)	2013-03-26	LCM 0,060		0,159 +/- 0,007	4,804 +/- 0,216	0,237 +/- 0,011
30	Oxígeno Disuelto *	mg O ₂ / L	Modificación Azida/Electrodo de membrana (4500-O C/G)	2013-03-22	LCM 0,0		7,6 +/- 0,20	1,8 +/- 0,04	7,2 +/- 0,20
32	pH *	Unidades	Electrométrico (4500 H*)	2013-03-22	LCM 1,0	5,0-9,0	6,6 +/- 0,10	7,0 +/- 0,10	7,0 +/- 0,10
36	Sólidos Suspendidos *	mg-SST / L	Secado a 103-105°C (2540 D)	2013-03-22	LCM 5,0		25,0 +/- 0,80	141 +/- 5,00	29,0 +/- 1,00
44	Coliformes Totales *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-03-22	LCM 20000		1,9E+04 +/- 0,05	1,3E+08 +/- 0,05	2,8E+05 +/- 0,05
45	E. coli *	NMP / 100 mL	Sustrato Definido (9223 B)	2013-03-22	LCM 2000		4,6E+03 +/- 0,05	2,9E+07 +/- 0,05	1,6E+05 +/- 0,05

* Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 del 10 de Septiembre de 2007, N° 504 del 18 de diciembre de 2008, N° 914 del 10 de junio de 2009, No. 323 del 12 Febrero 2010, No. 2327 del 10 de Diciembre de 2010 y No 776 del 08 de mayo de 2012

NR No Representativo
VMD Valor Mínimo Detectable
LCM Limite Cuantificación

Norma de referencia: Decreto 1594-84. Ministerio de Agricultura, ARTICULO 38 AGUA SUPERFICIAL. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA DESTINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA CONSUMO HUMANO Y PARA SU POTABILIZACIÓN SE REQUIERE TRATAMIENTO CONVENCIONAL

CONDICIONES AMBIENTALES DE CAMPO			MUESTRAS N°		
	UNIDADES	LIMITE PERMISIVO	653	654	655
Caudal	lps				
Temperatura agua	° C	<40			
Temperatura aire	° C				
Lluvia	Si/No		NO	NO	NO
Tipo de agua			SUPERFICIAL	RESIDUAL	SUPERFICIAL
Tipo de Muestreo			PUNTUAL	COMPUESTO	PUNTUAL
Hora de toma			10:50:00	7:20 A 14:20	11:15:00
Georreferenciación	Long (Y):		978123	978124	978102
	Latitud (X):		965887	965863	965846
	Altitud (msnm):		1479	1481	1477
	Error GPS (m):		+/-3	+/-3	+/-3

VALORES DEL ANALISIS TOMADOS DE LA RESOLUCION CAR No. 970 DEL 11 DE ABRIL DE 2012

RESULTADO(S) VÁLIDO(S) ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S)

EL INFORME INCLUYE LAS MUESTRAS No 653 654 655

OBSERVACIONES: NO SE AFORA PORQUE LAS CONDICIONES DEL RÍO NO LO PERMITEN / PRESENCIA DE FUERTES LLUVIAS A PARTIR DE LA MUESTRA DE LA ALICUOTA DE LAS 12:20 PM

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ÉSTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN PREVIA DEL LABORATORIO.

FIRMAS AUTORIZADAS:

JAVIER SALAS PARRA
Servicio al Cliente

Vo. Bo. Jefe de Oficina Laboratorio Ambiental /
Vo.Bo. Responsable de Calidad

REPORTE DE RESULTADOS

INFORME N°:	GA-PR-15-FR-01 V05 2012-12-04
	260

CLIENTE: CONSORCIO SES-ARQ Teléfono: 3137663505 Realizada mediante COT No. 372 del 26/09/2012
PROGRAMA: USUARIO EXTERNO Dirección: CALLE 93 BIS NO.19-50
OFC. 304 BOGOTÁ D.C. Solicitud: _____
Municipio de muestreo: SILVANIA **Comisión de muestreo:** OLAM -CAR **N° de muestras:** 1
Fecha Muestreo: 2013-03-21 SAIDA GÓMEZ
Recepción: 2013-03-21 LEONEL FORERO
Reporte: 2013-04-02 **Plan de muestreo No.** 34

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S):

Muestra N° 654 VERTIMIENTO USATAMA - SILVANIA Muestra N° _____ Muestra N° _____

El muestreo se realizó con base en el procedimiento de Toma y preservación de muestras GA-POE 37 del Laboratorio Ambiental

TABLA DE DATOS MUESTREO COMPUESTO

MUESTRA	654								
	VERTIMIENTO USATAMA - SILVANIA								
HORA	PH	OD	COND	Temp. Aire °C	Temp. Agua °C	Q (l/s)	VOLUMEN ALICUOTA ml.		
							DBO	DQO	MET
07:20						1,1	165	83	
08:20						0,8	125	62	
09:20						2,2	333	167	
10:20						1,4	207	104	
11:20						1,1	153	77	
12:20						3,8	563	281	
13:20						1,6	240	120	
14:20						1,4	215	107	
promedio	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1,67	2001	1001	0

OBSERVACIONES: