	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A <sup>1</sup>
Dependencia		Aprobado		Pág.
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(74)

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	<b>JUAN DAVID MARTINEZ URQUIJO</b>		
FACULTAD	<b>CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE</b>		
PLAN DE ESTUDIOS	<b>INGENIERIA AMBIENTAL</b>		
DIRECTOR	<b>PABLO HERRERA</b>		
TÍTULO DE LA TESIS	<b>ELABORACION DE UN PLAN DE MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE LOS LODOS GENERADOS EN LA PTAR VIA PUERTO MOSQUITO DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE AGUACHICA (ESPA).</b>		
<b>RESUMEN</b> <b>(70 palabras aproximadamente)</b>			
<p style="text-align: center;">LA CALIDAD DEL AGUA ES UN FACTOR QUE LIMITA LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO Y RESTRINGE SU USO. POR LO QUE EL INFORME DE PASANTÍAS ESTÁ ENFOCADO EN REALIZAR UN PLAN DE MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE LOS LODOS GENERADOS EN LA PTAR VÍA PUERTO MOSQUITO DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE AGUACHICA (ESPA), TENIENDOSE EN CUENTA ASPECTOS COMO LOS PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO EN RELACIÓN CON LA GENERACIÓN DE LODOS EN LA PTAR, CALIDAD DE LOS LODOS.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 74	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1



**ELABORACION DE UN PLAN DE MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE LOS  
Lodos generados en la PTAR vía Puerto Mosquito de la Empresa de  
Servicios Públicos de Aguachica (ESPA).**

**Autor**

**JUAN DAVID MARTINEZ URQUIJO**

Plan de trabajo de grado en modalidad de pasantías, para optar al título de ingeniero ambiental

**Director**

**ING. PABLO HERRERA**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE**

**INGENIERIA AMBIENTAL**

**Ocaña, Colombia**

**Febrero, 2020**

## Índice

<b>Capítulo 1. Elaboración de un plan de manejo y disposición de los lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción de la empresa.....	1
1.1.1. Misión .....	2
1.1.2. Visión.....	2
1.1.3. Objetivos de la empresa .....	2
1.1.4. Estructura organizacional de la empresa.....	4
1.1.5 Descripción de la dependencia y/o proyecto al que fue asignado. ....	5
1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada.....	5
1.2.1. Planteamiento Del Problema.....	6
1.3. Objetivos .....	7
1.3.1. Objetivo general.....	7
1.3.2. Objetivos específicos .....	7
1.4. Descripción de las actividades a desarrollar .....	8
1.5 Cronograma de actividades.....	8
<b>Capítulo 2. Enfoques Referenciales</b> .....	<b>10</b>
2.1 Enfoque Conceptual.....	10
2.2. Enfoque Legal .....	14
<b>Capítulo 3. Informe del cumplimiento del trabajo</b> .....	<b>17</b>
3.1 Presentación de resultados .....	17

3.1.1 Objetivo 1. Se identificó los procesos unitarios de tratamiento en relación con la generación de lodos en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).....	17
3.1.2 Objetivo 2. Se determinó la cantidad de lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).....	39
3.1.3 Objetivos 3. Se propuso alternativas para el manejo de los lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA). ....	48
<b>Capítulo 4. Diagnostico final</b> .....	56
<b>Capítulo 5. Conclusiones</b> .....	58
Recomendaciones .....	60
Referencias.....	61

## Lista de figuras

Figura 1. Estructura organización de la empresa de servicios públicos de Aguachica.....	4
Figura 2. Entrada a la planta de tratamiento .....	18
Figura 3. El almacenamiento de agua para su proceso .....	18
Figura 4. Plano de la planta de tratamiento.....	19
Figura 5. Cuarto de Bombas .....	20
Figura 6. Cuarto de maquinas .....	20
Figura 7. El laboratorio .....	21
Figura 8. Lechos de secado.....	22
Figura 9. Desembocacion de las agua negra y agua de lluvias.....	23
Figura 10. Proceso de cribado.....	24
Figura 11. Rejilla para disminución del caudal .....	24
Figura 12. Rejillas para detener residuos solidos.....	25
Figura 13. Residuos sólidos que se retiran de las rejillas .....	25
Figura 14. Proceso de Desarenacion.....	26
Figura 15. Canaleta parshall .....	27
Figura 16. Tanque Homogenización.....	27
Figura 17. Sedimentador primario .....	28
Figura 18. Tanques Biológicos .....	29
Figura 19. Semimentador secundario .....	30
Figura 20. Desembocacion de agua tratada .....	30
Figura 21. Secciones de lagunas .....	31

Figura 22. Distribución de los seis tanques de secado.....	32
Figura 23. Lugar de los lechos de secado .....	32
Figura 24. Lodos líquidos generados de los procesos de las aguas residuales .....	33
Figura 25. Proceso de los lodos en los lechos de secado .....	33
Figura 26. Acumulación de espesor de los lodos.....	34
Figura 27. Lodo líquido proceso de Espesado por flotación .....	37
Figura 28. Lodo seco.....	38
Figura 29. Lodos Pastosos .....	38
Figura 30. Selección de muestra de los seis tanques de lechos de secado.....	40
Figura 31. Toma de muestra de los lodos de los lechos de secado.....	40
Figura 32. Toma de medidas de los tanques .....	42
Figura 33. Recogida del lodo para su respectivo peso.....	43
Figura 34. Realización del peso de los lodos en los lechos de la planta.....	43
Figura 35. Proceso de lodos activados.....	45
Figura 36. Lodo distribuido en un terreno .....	52
Figura 37. Lodo como abono para las plantas .....	53
Figura 38. Alternativas de los aprovechamientos de los beneficios de los lodos en cultivos de plantas .....	53
Figura 39. Preparación del terreno con el lodo para cultivo de maíz .....	54
Figura 40. Semillas de maíz sembrados en el terreno.....	54
Figura 41. Proceso de crecimiento del cultivo de maíz .....	55
Figura 42. Proceso de crecimiento del cultivo de frijol .....	55

## Lista de tablas

Tabla 1. Diagnóstico inicial de la dependencia por medio de la Matriz DOFA.....	5
Tabla 2. Descripción de las actividades a desarrollar en la empresa de servicios públicos de Aguachica .....	8
Tabla 3. Descripción de las actividades a desarrollar durante la pasantía a realizar en la empresa de servicios públicos de Aguachica. ....	8
Tabla 4. Tipos de lodos encontrados en la PTAR Via Mosquito.....	36
Tabla 5. De las variables de afluentes y efluentes de la PTAR via Mosquito .....	39
Tabla 6. Tabla de toma de muestras de lechos de secado de los lodos del PTAR via Mosquito .	41
Tabla 7. Realización del peso de los lechos de secado en el PTAR via Mosquito.....	44

## Resumen

La calidad del agua es un factor que limita la disponibilidad del recurso hídrico y restringe su uso. El aumento en la demanda de agua tiene como consecuencia un crecimiento en el volumen de los residuos líquidos, cuya descarga, sin una apropiada recolección, evacuación y tratamiento, perjudica la calidad de las aguas y contribuye con los problemas de disponibilidad del recurso hídrico.

Lo que se ha traducido en un incremento de la cantidad de aguas residuales domésticas y que producto de sus tratamientos se generan lodos a los que se les puede buscar un uso alternativo con el fin de mitigar los impactos ambientales que estos generan. La disposición adecuada de estos lodos está adquiriendo cada vez más relevancia, pues son provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales y poseen características muy diversas y además específicas, es por esto que a lo largo de los últimos años se han encontrado propuestas concretadas sobre el aprovechamiento de estos biosólidos.

Por lo anterior el presente informe de pasantías está enfocado en realizar un plan de manejo y aprovechamiento de los lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA), en las cuales se tendrá en cuenta aspectos como los procesos unitarios de tratamiento en relación con la generación de lodos en la PTAR, calidad de los lodos.



El presente estudio se basa en información primaria la cual se tomará realizando visitas a la PTAR y haciendo levantamiento de las estructuras que la componen, así como en información secundaria de proyectos de grado digital.

## Introducción

Se denominan lodos residuales a los biosólidos resultantes del tratamiento y limpieza de las aguas residuales. El tratamiento de las aguas residuales, tiene como objetivo remover los contaminantes presentes en el agua con el fin de hacerlas aptas para otros usos. Sin embargo, el tratamiento del agua trae siempre como consecuencia la formación de lodos, los cuales son difíciles de tratar e implican un costo adicional para un apropiado manejo y disposición.

Los lodos de aguas residuales y de algún proceso industrial son considerados como residuos peligrosos, que demandan tratamiento y manejo especial desde el punto de vista ambiental y sanitario. La gestión de lodos es uno de los problemas ambientales más asociados al tratamiento de aguas residuales.

La problemática fundamental relacionada con los lodos tiene su origen en que la mayoría de los casos hay un residuo que gestionar, por tal motivo se hace necesario buscar una alternativa de uso final con el fin de reducir la cantidad generada anualmente en la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR vía Mosquito.

En el presente trabajo se pretende brindar un plan de manejo y aprovechamiento de los lodos, ayudar a la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA), a la reutilización de los lodos proponiendo alternativas para el manejo de los lodos ya sea como mejoradores de suelo en la agricultura, como fuente de energía, y demás.

# **Capítulo 1. Elaboración de un plan de manejo y disposición de los lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).**

## **1.1. Descripción de la empresa**

La Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P. – ESP, es una entidad adscrita a la Administración Municipal que presta servicios públicos de Acueducto y Alcantarillado a la población de la zona urbana del Municipio de Aguachica, esta empresa se transforma según Acuerdo No. 0006 de 1998 en Empresa Industrial y Comercial del Estado, de una forma extemporánea debido a que el plazo que había dado el legislador a través del artículo 2 de la Ley 286 de 1996, era hasta el 04 de enero de 1998.

Hoy en día solo es permitida la constitución de empresas por acciones para la prestación de los servicios públicos a que se refiere el artículo 17 de la Ley 142 de 1994. La Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P cuenta en su estadística con un total de Dieciséis Mil Cuatrocientos (16.400) suscriptores de acueducto y Quince mil cuatrocientos (15.400) de alcantarillado, la prestación del servicio se da por el sistema de racionamiento, esto debido a fugas, los fraudes y el mal uso que los usuarios le dan al agua.

Actualmente se adelantan las obras de optimización del acueducto y alcantarillado para mejorar la continuidad del servicio y lograr un 100% de cobertura. La finalidad de la empresa es que un tiempo no muy lejano prestar el servicio las 24 horas del día.

**1.1.1. Misión.** Somos una empresa dedicada a la organización y prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la ciudad de Aguachica Cesar, para satisfacer las necesidades de los clientes con oportunidad, eficiencia, continuidad y calidad en niveles de excelencia, generando como valores agregados constante, el fomento del crecimiento socioeconómico sostenible de la zona urbana con responsabilidad social empresarial, mediante la gestión del talento humano, los recursos físicos y la modernización tecnológica que garantice bajo principios y valores éticos la sostenibilidad económica, financiera y ambiental.

**1.1.2. Visión** Ser en el año 2020 una empresa reconocida regional y nacionalmente como modelo en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, caracterizada por una gestión orientada a resultados, que promueva con responsabilidad social empresarial el mejoramiento de la calidad de vida de la ciudadanía en general, con un talento humano de altos niveles en sus competencias; así como, por un comportamiento acorde con los principios y valores éticos.

**1.1.3. Objetivos de la empresa** Somos una empresa prestadora de servicios públicos domiciliarios que desea brindar a la comunidad agua con un buen servicio en el suministro de Agua potable, tratamientos de aguas residuales y saneamiento básico; y así contribuir al mejoramiento de la calidad de vida en este, nuestro municipio. Es por eso que la empresa se ha trazado la misión y la visión para llevar a cabo el buen manejo y sostenimiento de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica E.S.P.

Organizar y prestar de forma eficiente y eficaz los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio de Aguachica Cesar.

Construir, mantener y reparar oportunamente la infraestructura para la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio.

Desarrollar una cultura orientada al manejo, mejoramiento y protección del medio ambiente que garanticen la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio de Aguachica Cesar.

Promover el desarrollo del control social y la participación ciudadana en la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del Municipio de Aguachica Cesar.

Garantizar la rentabilidad económica y social requerida para la sostenibilidad de la empresa en el corto, mediano y largo plazo.

Establecer una cultura orientada al cliente, soportada con procesos organizacionales efectivos que respondan a las necesidades y oportunidades del mercado.

**1.1.4 Estructura organizacional de la empresa** La empresa de servicios públicos de Aguachica, dispone de un organigrama, está compuesto en la parte superior por la junta directiva, le sigue el control fiscal, el gerente, le sigue la oficina de asistente de gerencia, secretaria, mensajero, servicios generales, de allí surgen seis dependencias; departamento operativo, del cual hacen parte el profesional universitario ambientalista, el cual está a cargo de mis funciones como pasante, además del químico, operador de planta, ayudante de planta, inspector de redes, sectorizado y plomero, departamento de sistemas, analista contable, facturación y cartera, analista presupuestal y tesorería, almacén, departamento comercial, de este último hace parte el técnico comercial y el técnico PCR.

Organigrama de la Empresa de Servicios Públicos de Aguachica. (Ver figura 1).

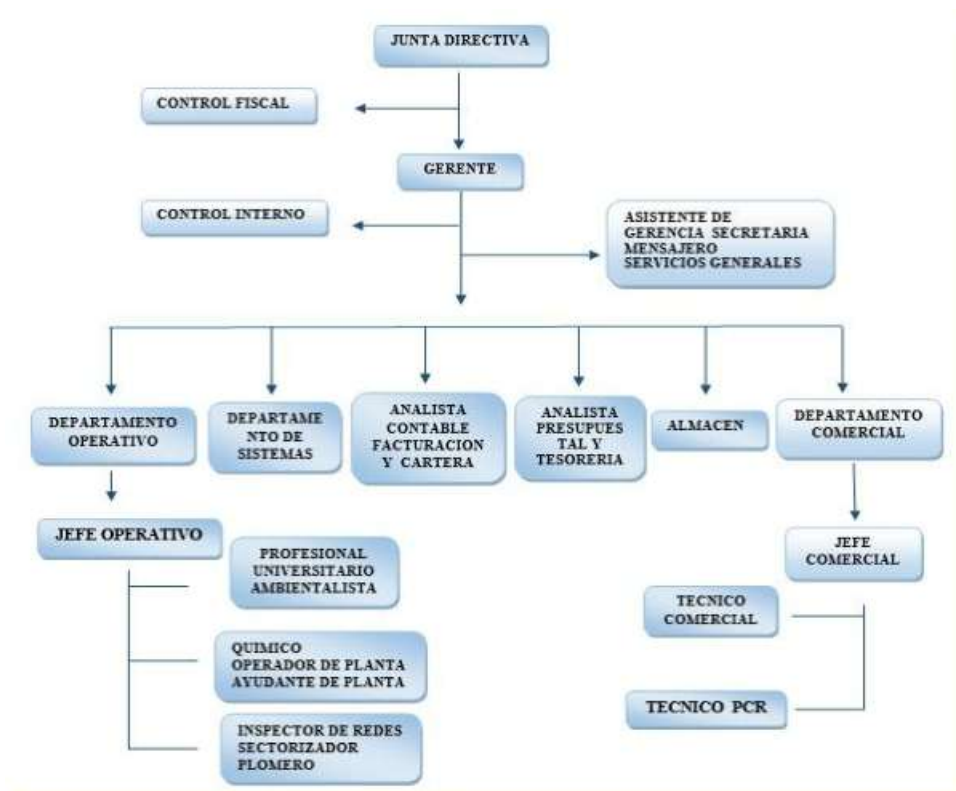


Figura 1. Estructura organización de la empresa de servicios públicos de Aguachica

Fuente: Reseña General. Informe administrativo interno.

1.1.5 **Descripción de la dependencia y/o proyecto al que fue asignado.** La pasantía se realiza en la empresa de servicios públicos de Aguachica E.S.P.A, en el área de Profesional Universitario Ambientalista, quien está a cargo del ingeniero Pablo Herrera.

## 1.2. Diagnóstico inicial de la dependencia asignada

Tabla 1.

*Diagnóstico inicial de la dependencia por medio de la Matriz DOFA.*

<b>Debilidades</b>	<b>Oportunidades</b>
Hay un déficit de operarios en la PTAR.	Reconocimiento en la región por ser una empresa certificada.
Falta de inclusión de valores ecológicos al personal encargado.	Cuenta con el apoyo financiero del gobierno para proyectos de infraestructura
<b>Fortalezas</b>	<b>Amenazas</b>
Larga trayectoria en la prestación de servicios.	Factores climáticos que afecten los procesos.
Sistema de planificación y estudios de proyección a la calidad constantes.	Pérdida de clientes.
Existe una infraestructura para el adecuado funcionamiento de los procesos.	Introducción de nueva competencia.

Estrategias de la Matriz DOFA aplicada en la empresa de servicios públicos de Aguachica.

<b>ESTRATEGIA FO</b>	<b>ESTRATEGIA DO</b>
Mejora de la estructura.	Aprovechar el reconocimiento para atraer personal calificado.
Mantener el apoyo económico del gobierno para futuras inversiones que mejoren la calidad del servicio.	Aprovechar el apoyo del gobierno para gestionar nuevos proyectos que beneficien la comunidad.
No perder el reconocimiento en la región para mantener el número de beneficiarios.	
<b>ESTRATEGIA FA</b>	<b>ESTRATEGIA DA</b>
Prevención de factores climáticos que interrumpan el adecuado funcionamiento de	Capacitar al personal con conocimientos ecológicos necesarios.

la PTAR. Mantener la calidad de desempeño en los procesos para evitar inconformidades.	Cuidar que la maquinaria no se vea afectada por factores climáticos. Contratar la cantidad necesaria de operarios para evitar cese de actividades.
---	---

Fuente: Pasante

**1.2.1. Planteamiento Del Problema** La creciente necesidad de preservar el recurso hídrico ha llevado al ser humano a buscar distintas alternativas capaces de mitigar un poco las nefastas consecuencias generadas por actividad industrial y domestica sobre los cauces aledaños, una de estas estrategias ha sido el tratamiento de las aguas residuales. (Donado, 2013)

De lo anteriormente dicho podemos resaltar que el tratamiento de las aguas residuales como todo tipo de proceso tiene sus pros y sus contras, pues es un procedimiento que genera residuos como residuos sólidos, arenas y lodos, estos últimos son generados en gran proporción por los procesos de desinfección y requieren mayor tratamiento, estos lodos generalmente tienen componentes que no fueron removidos en su totalidad al pasar por cribas de pretratamiento, convirtiéndolos así en una amenaza para la salud humana y un problema ambiental. (Ruiz & Quevedo, 2017)

Es por tal motivo que los tratamientos de aguas residuales en Colombia se han convertido en una prioridad durante los últimos años, a medida que ha aumentado el interés de los gobiernos de cuidar el medio ambiente y prevenir problemáticas socioambientales mitigando impactos negativos causados por las descargas hídricas inapropiadas puesto que los lodos van aumentando a medida que las ciudades o municipios crezcan. (Velasquez & Vargas, 2018)

No obstante, la realización de esta pasantía en la PTAR vía puerto mosquito, se ejecuta con el fin de poder efectuar un plan de aprovechamiento implementando una seria de alternativas como



abono orgánico para plantas, ya que en esta planta de tratamiento tiene una mala disposición final de los lodos generados de las aguas residuales, por lo que muy importante y necesario realizarla, para mitigar los impactos negativos y poder cuidar el medio ambiente.

### **1.3.Objetivos**

**1.3.1. Objetivo general** Elaborar un plan de manejo y aprovechamiento de los lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).

**1.3.2. Objetivos específicos** Identificar procesos unitarios de tratamiento en relación con la generación de lodos en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).

Determinar la cantidad de lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).

Proponer alternativas para el manejo de los lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).

## 1.4. Descripción de las actividades a desarrollar

Tabla 2.

*Descripción de las actividades a desarrollar en la empresa de servicios públicos de Aguachica*

<b>Objetivo general</b>	
Elaborar un plan de manejo y aprovechamiento de los lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).	
<b>Objetivos específicos</b>	<b>Actividades a desarrollar para el cumplimiento de objetivos específicos</b>
Identificar procesos unitarios de tratamiento en relación con la generación de lodos en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).	Realizar visita de campo Realizar un diagnóstico inicial de todo el sistema actual de los lodos residuales en la planta de tratamiento de aguas residuales Vía puerto mosquito. Definir el tipo de lodos generados en la PTAR para posteriormente crear estrategias de aprovechamiento.
Determinar la cantidad de lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).	Realizar cálculos de IVL (índice volumétrico de lodos). Cuantificar la producción de lodos activados mediante ecuación.
Proponer alternativas para el manejo de los lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).	Evaluar cómo se realiza actualmente la disposición de lodos en la PTAR vía puerto mosquito. Definir medidas de aprovechamiento de los lodos producidos.


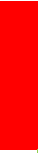

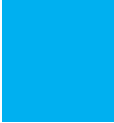


Fuente: Pasante

## 1.5 Cronograma de actividades

Tabla 3.

*Descripción de las actividades a desarrollar durante la pasantía a realizar en la empresa de servicios públicos de Aguachica.*

<b>Cronograma de Actividades</b>		<b>Mes I</b>				<b>Mes II</b>				<b>Mes III</b>				<b>Mes IV</b>			
<b>Objetivos específicos</b>	<b>Actividades</b>	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Identificar procesos unitarios de tratamiento en	Realizar visita de campo																

<p>relación con la generación de lodos en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).</p>	<p>Realizar un diagnóstico inicial de todo el sistema actual de los lodos residuales en la planta de tratamiento de aguas residuales Vía puerto mosquito. Definir el tipo de lodos generados en la PTAR para posteriormente crear estrategias de aprovechamiento.</p>	
<p>Determinar la cantidad de lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).</p>	<p>Realizar cálculos de IVL (índice volumétrico de lodos). Cuantificar la producción de lodos activados mediante ecuación.</p>	 
<p>Proponer alternativas para el manejo de los lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).</p>	<p>Evaluar cómo se realiza actualmente la disposición de lodos en la PTAR vía puerto mosquito. Definir medidas de aprovechamiento de los lodos producidos.</p>	  

Fuente. Pasante

## Capítulo 2. Enfoques Referenciales

### 2.1 Enfoque Conceptual

Plan De Gestión Ambiental. Los planes de gestión ambiental surgen de la necesidad de proteger el entorno de los impactos ambientales generados por una determinada actividad, generalmente derivada de etapas productivas de alguna empresa, por lo tanto el Plan de Gestión Ambiental (PGA) es un documento que ayuda a las organizaciones a saber qué pautas deben llevar a cabo para conseguir un desarrollo sostenible de su actividad y mitigar los impactos negativos sobre el medio natural. (Donado, 2013)

Impactos Ambientales. En la agricultura, la principal entrada de elementos traza metálicos al suelo es por el uso de fertilizantes fosfatados; éstos contienen cadmio. Se ha constatado que la acumulación progresiva de elementos traza metálicos en los suelos y especialmente el cadmio tiene efectos negativos en la salud humana. (Vasquez&Vargas, 2018)

PTAR: Planta de tratamiento de agua residual.

STAR: Sistema de tratamiento de agua residual

Problemática ambiental. Percepción de una situación o estado no satisfactorio con respecto a una parte o a la totalidad del medio ambiente. Es el empeoramiento cualitativo del entorno causado por la actividad antrópica, como la industrialización la urbanización, la explotación

irracional de los recursos, la explosión demográfica, y otros, o en algunos casos por factores naturales. (Jara, 2014)

Punto de descarga. Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento, en el cual se deben llevar a cabo los muestreos y se encuentra ubicado antes de su incorporación a un cuerpo de agua.

Lodos. Son sólidos con un alto contenido variable de humedad, provenientes de las plantas de tratamiento, según Franco (2014) los lodos son unos subproductos inevitables generados en plantas de tratamiento de agua potable, considerando este como residuo.

Lodos residuales. Parte de la masa bacterial que se llama los lodos en el subproducto que se generan en el tratamiento de aguas residuales, se recircula hacia los reactores de lodos activados para que continúe con el proceso de tratamiento y otra parte se lleva a procesos de espesamiento, digestión y deshidratación. (Camila, 2017)

Lodos Aprovechables Son los lodos provenientes de un proceso de tratamiento que puede ser reutilizado directa o indirectamente en reciclaje, compostaje y generación de energía. La mayoría de los lodos provenientes de los procesos de tratamiento aerobios y anaeróbios de las plantas de tratamiento de aguas residuales, una vez estabilizados, pueden ser utilizados como abonos, acondicionadores y restauradores de suelos. (Velasquez & Vargas, 2018)

**Lodos No Aprovechables** Son lodos que no tienen características aceptables para algún aprovechamiento, por ejemplo tienen muy poca o nula carga orgánica o poder calorífico muy bajo, estos pueden ser desechados junto con los residuos sólidos de origen doméstico.

**Lodos Peligrosos** Son aquellos que contienen sustancias que pueden causar daño a la salud humana o al medio ambiente que deben ser dispuestos en sitios especiales con las medidas adecuadas de seguridad. Comúnmente se suele confundir el término lodo y biosólido. La principal diferencia radica en que el biosólido es un lodo ya estabilizado es decir, que ha tenido un proceso de tratamiento destinado a reducir la capacidad de fermentación, atracción de vectores y patogenicidad, logrando reducir el nivel de peligrosidad y el grado de restricción para su reutilización. (Jara, 2014)

**Biosólido.** El término biosólido es el producto resultante de la estabilización de los materiales orgánicos (lodos) generados en el tratamiento de aguas residuales municipales, con características físicas, químicas y microbiológicas que permiten ser reutilizados con restricción de acuerdo con la normativa de cada país. (Isaza&Mora, 2017)

**Vertimiento:** el vertimiento es la disposición controlada o no de un residuo líquido doméstico, industrial, urbano agropecuario, minero, etc. **Volumétrico:** el aforo volumétrico consiste en recoger en un tiempo específico una cantidad de material que se está aforando o recoger un volumen específico midiendo el tiempo utilizado en la recolección de este. Es útil para el aforo de vertimientos puntuales de pequeño tamaño. (Avendaño&Martinez, 2015)

Manejo de lodos residuales. El manejo del lodo residual comprende el tipo de tratamiento y la disposición o aprovechamiento de estos residuos. En todas las plantas se observó que el tratamiento del lodo está enfocado a la estabilización y a la reducción del volumen generado para realizar, de la manera más económica y sencilla, la disposición fuera de la planta.

Agua cruda. Contiene sustancias tanto en suspensión como disueltas, pueden ser inertes, como las arcillas y arenas; o reactivas y biológicas, como el plancton y otros microorganismos. De aquí que las características de los lodos varíen en función de la calidad del agua bruta y de tratamiento de potabilización aplicado a esta. (Isaza&Mora, 2017)

Contaminación hídrica. Se da por el aporte de materiales o formas de energía que alteran las características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, como resultado de las actividades humanas o procesos naturales, que pueden afectar tanto al recurso natural como a la población en general. (Camila, 2017)

Agregados. Son todos los elementos que se necesitan en la elaboración de un producto básicamente extraídos de la naturaleza, para su transformación e incorporación en la manufactura y contribución de bienes de consumo. (Vasquez&Vargas, 2018)

Lechos De Secado: dispositivos que eliminan una cantidad de agua suficiente de lodos para que puedan ser manejados como material sólido.

Lodos activados: El proceso de lodos activados ha sido utilizado para el tratamiento de las aguas residuales tanto industriales como urbanas desde hace aproximadamente un siglo. El diseño de las plantas de lodos activados se llevó a cabo fundamentalmente de una forma empírica. Solo a comienzos de los años sesenta se desarrolló una solución más racional para el diseño del sistema de lodos activados. (Isaza&Mora, 2017)

## **2.2. Enfoque Legal**

La ley 99 (1993), en su artículo 30, define también algunas obligaciones de los entes territoriales, Nacional, Regional y local, respecto al tema de manejo de residuos. Como es el caso de las corporaciones autónomas regionales cuya función número 12 establece que debe: Ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. (Velasquez & Vargas, 2018)

El decreto 1713 (2002) referente al tema de la disposición final lo define como: El proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.



Los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de agua potable son un residuo sólido teniendo en cuenta lo definido en el decreto 2981 (2013), el cual establece: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo.

Resolución 058 de 2002. Por la cual se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos tiene como objeto Establecer los límites máximos permisibles y requisitos de operación para incineradores de residuos sólidos y líquidos con el fin de mitigar y eliminar el impacto de actividades contaminantes del medio ambiente. (Donado, 2013)

El decreto 3930 (2010) derogando al decreto 1594 de 1984, por el cual se reglamenta el uso del agua y residuos líquidos y se dictan otra disposición, tiene como principal objetivo de establecer las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y al alcantarillado.

Resolución 1096 de 2000. Por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico, “RAS”. Considera que corresponde al Ministerio de Desarrollo Económico, formular la política de gobierno en materia social del país relacionada con la competitividad, integración y desarrollo de los sectores productivos del agua potable y saneamiento básico y expedir resoluciones, circulares y demás actos administrativos de carácter general o particular necesarios para el cumplimiento de sus funciones. (Isaza&Mora, 2017)

Decreto 1287 de 2014. Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, aplica a todas las personas prestadoras del servicio público domiciliario de alcantarillado en el componente de tratamiento de aguas residuales municipales como productores de biosólidos así como a los distribuidores y a los usuarios de los mismos en el territorio nacional. (Vasquez&Vargas, 2018)

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. La resolución 372 de 1998 establece el monto de las tasas mínimas para Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).

RAS 2000. Título E. Fija los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado. (Avendaño&Martinez, 2015)

## Capítulo 3. Informe del cumplimiento del trabajo

### 3.1 Presentación de resultados

**3.1.1 Objetivo 1. Se identificó los procesos unitarios de tratamiento en relación con la generación de lodos en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).**

El PTAR vía Puerto Mosquito fue cimentado por la ESPA S.A.S. Esta empresa presta los servicios públicos en el municipio y que actualmente realiza la operación.

La planta de tratamiento de aguas residuales vía Puerto Mosquito recibe aproximadamente un 68 % de las redes de alcantarillado. Las lagunas de oxidación trabajan con bacterias facultativas, por las condiciones en que se encuentra el municipio de Aguachica, por lo que hacen un proceso muy eficiente en la remoción de las cargas contaminantes. Estas fases están comprendidas por dos secciones compuestas por dos lagunas cada una reduciendo los niveles de DBO, DQO y Sólidos Suspendidos Totales. (Isaza&Mora, 2017)

Realizar visita de campo

Esta es la ubicación e infraestructura de la planta de tratamiento de aguas residuales de la vía Mosquito



Figura 2. Entrada a la planta de tratamiento

Fuente. Pasante

Infraestructura y división de los tanques de agua donde se almacena para su debido proceso de limpieza, para que pueda ser apta para el consumo humano



Figura 3. El almacenamiento de agua para su proceso

Fuente. Pasante

Plano de la PTAR vía mosquito donde se encuentra las divisiones del debido proceso de la purificación del agua en el plano se encuentra el aliviadero, lo segundo el cribado, luego como tercero el desordenador, luego sigue la canaleta Parshall, así mismo sigue los tanques de sedimentación primaria, siguiente los tanques de aireación, como séptimo los tanques biológicos, al igual como octavo los tanques de sedimentación secundaria y finalmente los lechos de secado

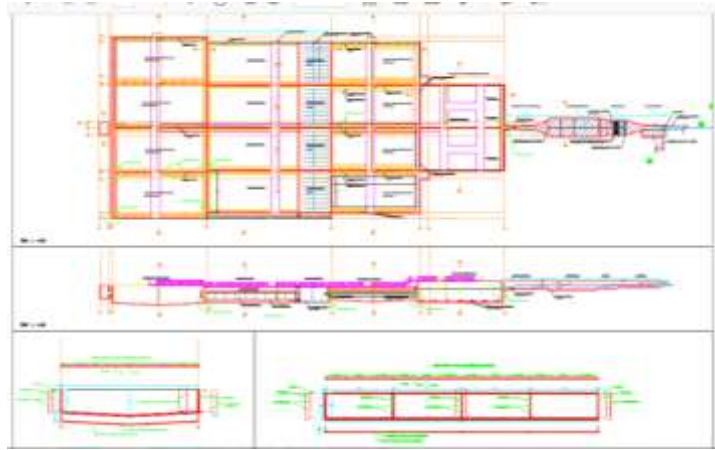


Figura 4. Plano de la planta de tratamiento

Fuente. PTAR vía mosquito

La figura que viene a continuación es el cuarto de bombas donde se encuentran las bombas que ayudan al proceso de purificación de agua.



Figura 5. Cuarto de Bombas

Fuente. Pasante

En la figura a continuación se encuentra el cuarto de máquinas es donde se encuentra la parte eléctrica de la planta, desde allí es donde se distribuye la energía para el funcionamiento de cada sistema.



Figura 6. Cuarto de maquinas

Fuente. Pasante

En la figura siguiente es el laboratorio de la PTAR vía mosquito es donde se realiza valoraciones sobre las características del flujo del agua y todo estudio que se tenga que realizar con respecto a los lodos y demás.



Figura 7. El laboratorio

Fuente. Pasante

Así mismo en esta figura se encuentra la estructura de los lechos de secado que los componen en 6 divisiones, aquí es donde se almacena el lodo para su debido proceso son generalmente, el método más simple y económico de deshidratar los lodos, lo cual resulta lo ideal para pequeñas comunidades.

Los lechos de secado se suelen utilizar, normalmente, para la deshidratación de lodos digeridos. Una vez seco, el lodo se retira y se evacúa a vertederos controlados o se utiliza como acondicionador de suelos. Las principales ventajas son su bajo costo, el escaso mantenimiento que precisan, y el elevado contenido en sólidos del producto final.



Figura 8. Lechos de secado

Fuente. Pasante

Realizar un diagnóstico inicial de todo el sistema actual de los lodos residuales en la planta de tratamiento de aguas residuales Vía puerto mosquito. Cuenta con estos procesos descritos a continuación.

Cribado: La PTAR Via mosquito cuenta con una sección de cribado que cumple las funciones de remoción de los sólidos gruesos presentes en las aguas de origen doméstico, provenientes de todo el casco urbano del municipio de Aguachica-cesar. Así mismo de aguas de agua de lluvias

Este tubo es de donde vienen las aguas de negras de alcantarillado y las aguas lluvias





Figura 9. Desembocacion de las agua negra y agua de lluvias

Fuente. Pasante

El cribado es un proceso mecánico que separa los materiales de acuerdo a su tamaño de partícula individual. Esto se cumple proporcionando un movimiento en particular al medio de cribado, el cual es generalmente una malla o una placa perforada, esto provoca que las partículas más pequeñas y que el tamaño de las aberturas (del medio de cribado) pasen a través de ellas como finos y que las partículas más grandes sean acarreadas como residuos.



Figura 10. Proceso de cribado

Fuente. Pasante



Figura 11. Rejilla para disminución del caudal

Fuente. Pasante



Figura 12. Rejillas para detener residuos solidos

Fuente. Pasante

Aquí se disponen los sólidos o basuras que se retiran de los rejillas, se les da vuelta constantemente para que se sequen bien y luego echarse en bolsas de basura, cuando se obtengan de 40 a 50 bolsas de basura llaman a veolia (empresa de basura) pase por ellas y haga una buena disposición. Asi mismo se tapan cuando está lloviendo con el plástico negro con el fin de que no se mojen



Figura 13. Residuos sólidos que se retiran de las rejillas

Fuente. Pasante

Desarenación: la PTAR de vía Mosquito cuenta con una sección de Desarenación sus funciones es la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación. Con este proceso se evita que se produzcan depósitos en las obras de conducción y evita sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado realiza el trabajo de remoción de las partículas superiores a 0,2 mm.



Figura 14. Proceso de Desarenacion

Fuente. Pasante

La canaleta parshall, Básicamente su función es para medir el caudal del agua que está entrando a la planta. Tiene la misión de medir el caudal por el efecto ventura en canales abiertos. Esto se puede medir bien por mediación de regletas graduadas, colocadas en el interior del equipo, obteniendo el resultado mediante fórmula matemática, o bien mediante unos sensores independientes al equipo colocado en la parte superior.

La canaleta presenta una forma abierta, compuesta por una sección convergente, una garganta y una sección divergente.



Figura 15. Canaleta parshall

Fuente. Pasante

El estanque de homogeneización es un tanque con la función de homogeneizar el flujo entrante, tanto en caudal como en composición. El tanque asegura la entrada a la estación depuradora de un caudal constante, amortizando las variaciones de caudal durante el tiempo.



*Figura 16. Tanque Homogenización*

Fuente. Pasante

El objetivo de la sedimentación primaria es remover rápidamente los residuos sólidos sedimentables y materia flotante para así, disminuir la concentración de los sólidos suspendidos. La sedimentación primaria se emplea como parte del pretratamiento dentro del procesamiento integral de las aguas residuales. Los sedimentadores primarios diseñados y operados pacientemente, remueven entre el 50% y 70% de los sólidos suspendidos y entre el 25% y 40% de DBO5. En las grandes plantas de tratamiento (0.75 Mgal/d o más), la remoción de SST se realiza en tanques de sedimentación circulares o rectangulares con limpieza mecánica y diseño estandarizado, excepto en aquellas plantas que cuentan con tanque imhoff.



*Figura 17. Sedimentador primario*

Fuente. Pasante

Los sistemas de tratamiento biológicos aerobios usan bacterias para remover material disuelto (DBO) del agua residual en condiciones aerobias (agregando aire). Nijhuis ofrece un completo rango de reactores biológicos (BIOCTOR) para el tratamiento del agua residual. La cantidad de aire es controlada por un medidor de oxígeno instalado en el tanque de aireación y se programa de tal forma que el consumo de aire es mínimo.



*Figura 18. Tanques Biológicos*

Fuente. Pasante

La biomasa generada en el tratamiento secundario constituye una carga orgánica significativa que es necesario remover para que el efluente pueda ajustarse a las normas correspondientes. En estanques y lagunas la remoción se logra por sedimentación en el mismo reactor. En los sistemas de lodos activados y de cultivo adherido los sólidos se remueven en sedimentadores secundarios. Debido a que las características de los sólidos biológicos en los sistemas de cultivo suspendido y adherido tienen diferencias significativas, el diseño y operación de los sedimentadores secundarios en estos sistemas también son diferentes. El sedimentador secundario es importante debido a la carga grande de sólidos y a la naturaleza esponjosa del floculo biológico de los lodos activados. Además, es conveniente que el lodo reciclado haya sido bien espesado



*Figura 19. Semimentador secundario*

Fuente. Pasante



*Figura 20. Desembocacion de agua tratada*

Fuente. Pasante

Secciones de lagunas: Esta conformado por dos secciones. Una sección anaerobia conformada por 2 lagunas de oxidación. otra sección facultativa compuesta de igual manera por 2 lagunas de oxidación, Y una laguna que es la más grande, para un total de 5 lagunas de oxidación.





*Figura 21. Secciones de lagunas*

Fuente. Pasante

Diques: Está conformado por varios diques o también llamados cajas los cuales están distribuidos de la siguiente manera: 5 (cinco) diques por cada laguna de oxidación para un total de 20 (veinte) los cuales hacen presencia en la parte interior de cada una de las lagunas y que en el momento se encuentran operando. Los diques son conectores de flujo de agua residual que actúan después de que hayan pasado un determinado tiempo de retención. Además, regulan el flujo superficial del agua.

Caja de distribución: tiene las funciones de la distribución del agua residual después de que esta haya pasado por el proceso de cribado y Desarenación. Posteriormente procede a cada una de las lagunas de oxidación.

Lechos de secado. Esta es una zona donde se encuentran 6 tanques en cual llega el lodo generado en los procesos se bombea hacia los lechos de secado de acuerdo al criterio del operario.



*Figura 22. Distribución de los seis tanques de secado*

Fuente. Pasante

La PTAR vía Mosquito periódicamente realiza los análisis de las aguas residuales para la determinación de producción de lodo en el STAR, el cual es necesario establecer la calidad del agua tratada y la calidad de lodos generados; para ello, se analizaron los parámetros físicos, químicos del agua residual tratada.

Definir el tipo de lodos generados en la PTAR para posteriormente crear estrategias de aprovechamiento.



*Figura 23. Lugar de los lechos de secado*

Fuente. Pasante



*Figura 24. Lodos líquidos generados de los procesos de las aguas residuales*

Fuente. Pasante



*Figura 25. Proceso de los lodos en los lechos de secado*

Fuente. Pasante



*Figura 26. Acumulación de espesor de los lodos*

Fuente. Pasante

### **Tipos de Lodos**

**Lodo primario.** El lodo primario es producido durante los procesos de tratamiento primario de las aguas residuales. Esto ocurre después de las pantallas y desarenado y consiste en productos no disueltos de las aguas residuales. La composición del lodo depende de las características del área de recogida de las aguas. Generalmente contiene una gran cantidad de material orgánica, vegetales, frutas, papel, etc. en un estado inicial de descomposición. La consistencia se caracteriza por ser un fluido denso con un porcentaje en agua que varía entre 92 % y 96 %. El contenido de agua es función también de la dotación de agua potable que se distribuye en el barrio o ciudad. (Avendaño&Martinez, 2015)

**Lodo secundario.** En el proceso de tratamiento, es conveniente alcanzar una vida del lodo constante, para lograrlo, la biomasa en exceso debe de eliminarse de la planta biológica de tratamiento de lodo. El lodo secundario es rico en lodo activo.

**Lodo terciario.** Lodo terciario se produce a través de procesos de tratamiento posteriores, con adición de agentes floculantes.

**Lodo activo.** La eliminación de la materia orgánica disuelta y los nutrientes de las aguas residuales tiene lugar durante el tratamiento biológico del agua, por un complejo proceso donde interactúan distintos tipos de bacterias y microorganismos, que requieren oxígeno para vivir, crecer y multiplicarse y consumen materia orgánica. El lodo resultante se llama lodo activo. Este lodo, generalmente, está en forma de flóculos que contienen biomasa viva y muerta además de partes minerales y orgánicas absorbida y almacenada.

El comportamiento de sedimentación de los flóculos de los lodos activos es de gran importancia para el funcionamiento de la planta de tratamiento biológico. Los flóculos deben ser removidos, para separar la biomasa del agua limpia, y el volumen requerido de lodo activo puede ser bombeado de nuevo en el tanque de aireación.

**Lodo activo de retorno.** El lodo activo de retorno que proviene del tanque de aireación biológica al clarificador final. Los flóculos de lodo activo sedimentan al fondo y pueden separarse del agua limpia residual. La mayoría del lodo que se lleva de nuevo a tanque de aireación se llama lodo activo de retorno.

**Fango o lodo digerido.** Fango digerido tienen lugar en los procesos de digestión aeróbica.

Tiene color negro y olor a tierra. La proporción de materia orgánica está entre el 45% al 60%.

*Tabla 4.*

*Tipos de lodos encontrados en la PTAR Via Mosquito*

Unidad	Tipos de sólidos o de lodo	Observaciones
Criba	Sólido grueso	Los sólidos son removidos de forma mecánica o manual
Desarenadores	Arena y espuma	Se omite la remoción de espumas en desarenadores
Pre-Aireación	Arena y espuma	Se omite la remoción de espumas en Pre-Aireación
Sedimentación primaria	Lodo y espuma	La cantidad depende del tipo de agua residual del afluente
Tratamiento de lodos	Lodo y compost	Los lodos obtenidos depende del proceso realizado en la PTAR

**Nota. Fuente.** (Avendaño&Martinez, 2015)

### **Tipos de espesado**

**Espesado por gravedad.** El espesado por gravedad se efectúa en un tanque similar a un sedimentador, generalmente se construyen de forma redonda. Este procedimiento es más efectivo tratándose de lodo extraído del tratamiento primario.

El lodo se deposita en el fondo desde donde se retira se bombea a los digestores.

**Espesado por flotación.** Entre los varios procesos que se conocen para espesar el lodo por flotación el más utilizado es el que introduciendo una solución líquida a la que se ha introducido aire disuelto a presión. Cuando se reduce la presión del líquido, al introducirlo en el tanque de flotación, se crean pequeñas burbujas de aire que adhiriéndose al lodo lo hace flotar, donde es recogido con un desnatador. Este procedimiento es efectivo para el tratamiento de cultivo biológico en suspensión.

**Espesado por centrifugación.** Se utiliza para espesar y deshidratar, principalmente a los lodos activos.

### **Tipos de lodos desde el punto de vista del estado físico**

Lodos líquidos. Con un contenido más del 80% de agua



*Figura 27. Lodo liquido proceso de Espesado por flotación*

Fuente. Pasante

Lodos secos. Cuando alcanzan proporciones de agua no superiores al 60%



*Figura 28. Lodo seco*

Fuente. Pasante

Lodos pastosos. Con agua intermedia a las anteriores



*Figura 29. Lodos Pastosos*

Fuente. Pasante



**3.1.2 Objetivo 2. Se determinó la cantidad de lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).**

Para la realización de los cálculos de IVL (índice volumétrico de lodos). Primero que todo se realizó una valoración al agua para conocer sus componentes, luego se identificó las características los lodos producidos en la PTAR vía mosquito, para que así poder conocer un estado, volumen, cantidad. Y posteriormente realizar los cálculos por medio la una ecuación. A continuación se realizó una caracterización del agua residual en el afluente y efluente: - físico (temperatura), químicos (pH, oxígeno disuelto, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, grasas y aceites, nitrógeno total, nitrato y fosforo.), demanda química de oxigeno (Isaza&Mora, 2017)

*Tabla 5.*

*De las variables de afluentes y efluentes de la PTAR via Mosquito*

<b>VARIABLES</b>	<b>AFLUENTES</b>	<b>EFLUENTES</b>
Temperatura °C	26.4	28.8
Ph	6.79	8.24
Solidos suspendidos mg/L	112	98.6
Grasas y aceites mg/L	17.9	16.3
DQO mg O <sup>2</sup> /L	227	64.1
DBO5 mg O <sup>2</sup> /L	161	67.2
Caudal L/s	79.0	0.887
Fosforo total mg p/L	2.51	1.92
Solidos totales	495	6.99
Nitratos mg NO <sub>3</sub> /L	2.71	423
Nitrogeno total mg N/L	25.2	18.9

Fuente. (Vasquez&Vargas, 2018)

Luego de lo anterior este paso se concentra en las características del lodo extraído del agua residual, realizando una serie de muestras en el laboratorio para conocer su estado



*Figura 30. Selección de muestra de los seis tanques de lechos de secado*

Fuente. Pasante



*Figura 31. Toma de muestra de los lodos de los lechos de secado*

Fuente. Pasante

Tabla 6.

Tabla de toma de muestras de lechos de secado de los lodos del PTAR via Mosquito

	Lecho 1	Lecho 2	Lecho 3	Lecho 4	Lecho 5	Lecho 6
PH	6.5	6.5	6.4	6.5	6.6	6.5
Conductividad	593 ms/cm	473 ms/cm	489 ms/cm	1424 ms/cm	1041 ms/cm	1129 ms/cm
Temperatura	31.6°C	31.6°C	31.7°C	30.1°C	30.3°C	30.4°C

Fuente. Pasante

Características de los lodos. Todos los lodos crudos tienen un contenido bajo de sólidos (1-6%); por ello, la disposición de su pequeño contenido de sólidos requiere el manejo de un gran volumen de lodo. El problema principal en el tratamiento de lodos radica, por tanto, en concentrar los sólidos mediante la máxima remoción posible de agua y en reducir su contenido orgánico.

Los lodos derivados de aguas residuales están compuestos en especial por la materia orgánica removida del agua residual, la cual fortuitamente se descompone y causa los mismos efectos indeseables del agua residual cruda. Las características de los lodos varían mucho dependiendo de su origen, de su edad, del tipo de proceso del cual provienen y de la fuente original de los mismos. (Avendaño&Martinez, 2015)

El volumen de lodo que se produce en un tanque de sedimentación debe conocerse o estimarse para cuantificar de diferentes componentes del sistema de tratamiento y disposición de lodos. Dicho volumen depende principalmente de las características del agua residual, del grado de tratamiento previo, del tiempo de sedimentación, de la densidad de sólidos, del contenido de

humedad, del tipo de equipo o método de remoción de lodos y de la frecuencia de remoción de los mismos. (Vasquez&Vargas, 2018)

Por lo que la cantidad de lodo producido es muy variable, dependiendo del proceso de tratamiento usado y de la concentración de aguas residuales; en las siguientes tablas se resumen los valores típicos de las cantidades y características de los lodos producidos por diferentes procesos de tratamiento para aguas residuales y se describen los tipos de lodos que se obtendrán del sistema de tratamiento diseñado, respectivamente.

Así mismo se realizó el volumen y la cantidad de lodos generados en la PTAR vía mosquito tomando las medida de los lechos de secado, su peso y volumen. Igualmente obteniendo estos resultados se realizaron las respectivas ecuaciones



*Figura 32. Toma de medidas de los tanques*

Fuente. Pasante



*Figura 33. Recogida del lodo para su respectivo peso*

Fuente. Pasante



*Figura 34. Realización del peso de los lodos en los lechos de la planta*

Fuente. Pasante

Tabla 7.

*Realización del peso de los lechos de secado en el PTAR via Mosquito*

	<b>Lecho 1</b>	<b>Lecho 2</b>	<b>Lecho 3</b>	<b>Lecho 4</b>	<b>Lecho 5</b>	<b>Lecho 6</b>	<b>TOTAL</b>
PESO(Kg)	41 kg	42kg	46kg	38kg	36kg	43kg	246 kg
Lodos							

Fuente. Pasante

El Índice Volumétrico de Lodos (**IVL**) es un indicador de las características de sedimentabilidad del lodo producido en el tratamiento.

El mismo se calcula mediante el cociente entre el resultado del ensayo del Cono Imhoff (tiempo de 30 minutos, en ml/l) y los **SST<sub>Reac</sub>** (en g/l).

El índice se expresa en ml/g, y la calidad del lodo se evalúa de acuerdo a la siguiente escala:

***IVL < 90 ml/g – excelente sedimentabilidad***

***90 < IVL < 150 mL/g – buena sedimentabilidad***

***IVL > 150 mL/g – malas condiciones de sedimentabilidad***

Sean los siguientes valores:

Resultado *Cono Imhoff* = 130ml/l

$$\mathbf{SST}_{Reac} = 3000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 3.0 \text{ g/l}$$

Para estos valores, se calcula:

$$\mathbf{IVL} = \frac{130}{3} = 43.33 \text{ mL/g,}$$

Como el  $IVL < 90 \text{ ml/g}$ , entonces el lodo generado tiene excelentes características de sedimentabilidad.

Cuantificar la producción de lodos activados mediante ecuación.

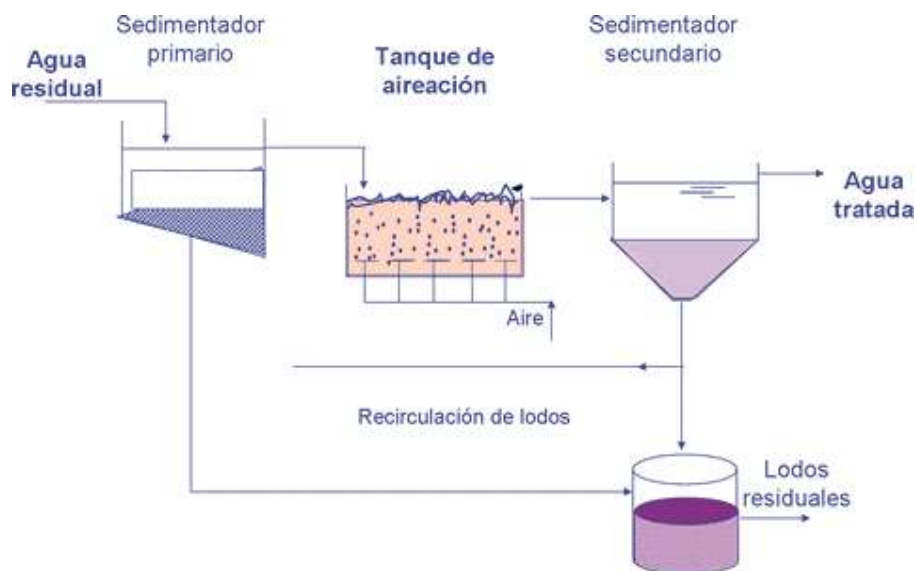


Figura 35. Proceso de lodos activados

Fuente. Google

Al efectuar el cálculo de volumen de las muestras se determinó que el porcentaje promedio de sedimentos en el afluente de aguas residuales del sistema es equivalente a 0,89%, así mismo 71 el porcentaje de sedimentación presente en la laguna facultativa No. 1 corresponde a 52,45%. Por su parte la sedimentación presente en los efluentes presentó un promedio de 0,20% de sedimentos.

El caudal de recirculación de lodos se determina asumiendo un estado estacionario del sistema, es decir que no existe acumulación ni pérdida de lodos (masa biológica) en el mismo.

Esto se expresa mediante la siguiente expresión, que resulta de realizar un balance de sólidos en el reactor despreciando los SS en el afluente bruto:

$$SST_{Reac} * (Q + Q_R) = SST_{Sed} * Q_R$$

En donde,

**$SST_{Reac}$**  – Sólidos Suspendidos Totales en los reactores, en mg/l (rango 3000 a 6000 mg/l)

**$SST_{Sed}$**  – Sólidos Suspendidos Totales en el sedimentador, en mg/l (rango 8000 a 12000 mg/l)

**$Q$**  – Caudal afluente a la planta

**$Q_R$**  – Caudal de recirculación (bombas de recirculación de lodos)

Al cociente

$$\frac{Q}{Q_R} = R$$

lo llamaremos relación de recirculación  $R$ , y sustituyendo en la ecuación anterior, se llega a la siguiente expresión:

$$\frac{R}{1 + R} = \frac{SST_{Reac}}{SST_{Sed}}$$

De donde se despeja el valor de  $R$ , la única incógnita de la misma. Por tanto, para su determinación es necesario conocer el valor de SST en los reactores y Sedimentadores.

En caso de recircular el valor de  $R$  obtenido, se tenderán a mantener los valores de SST en reactores utilizados para el cálculo, es decir se mantendrá el estado estacionario en lo que refiere a los lodos en el sistema. El caso de recircular un valor menor, la concentración de SST en el



reactor tenderá a disminuir; por el contrario, en caso de recircular un valor superior, la concentración de SST en el reactor tenderá a aumentar.

Esta decisión deberá complementarse a su vez con el valor de la relación F/M, de modo de mantener el mismo dentro de los rangos usuales para este tipo de proceso (lodo activado en la modalidad de aireación extendida).

Los siguientes valores de la PTAR:

$$SST_{Reac} = 3000 \text{ mg/l}$$

$$SST_{Sed} = 8000 \text{ mg/l}$$

$$Q = 150 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sustituyendo en la ecuación

$$\frac{R}{1 + R} = \frac{3000}{8000} = 0.375$$

Despejando obtengo

$$R = \frac{SST_{Reac}}{SST_{Sed} - SST_{Reac}} = \frac{3000}{8000 - 3000} = 0.6$$

$$R = 0.6$$

Entonces el caudal de recirculación es:

$$Q_R = R * Q = 0.6 * 150 \text{ m}^3/\text{h} = 90 \text{ m}^3/\text{h}$$

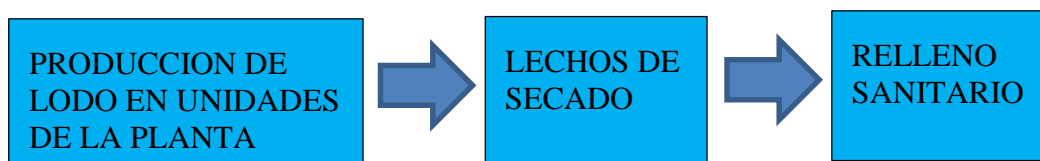
### **3.1.3 Objetivos 3. Se propuso alternativas para el manejo de los lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA).**

En la realización de este objetivo se propuso las Alternativas de aprovechamiento de lodos para Abono Orgánico. Ya que la disposición de los lodos en el PTAR no tenía una buena práctica, por lo que se decidió plantar plantas de maíz, frijol, y conocer su proceso de crecimiento implantando el lodo como abono orgánico, generando como resultado un crecimiento favorable y rápido de las plantas, al igual se observó mejoras en el suelo.

No obstante se puede decir, que los lodos estabilizados o biosólidos, también pueden ser utilizados como mejoradores de suelo en la agricultura. Éstos mejoran las características del suelo y proveen nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal como nitrógeno, fósforo, níquel, zinc y cobre. Debido a sus ventajas, los biosólidos pueden utilizarse como sustituto de fertilizantes químicos. La composición del lodo depende principalmente de las características del afluente del agua residual que entra a las plantas de tratamiento de aguas residuales y de los procesos de tratamiento usados. (Jara, 2014)

Evaluar cómo se realiza actualmente la disposición de lodos en la PTAR vía puerto mosquito.

La gestión actual de los lodos generados en las PTAR



En los programas de protección al ambiente que pronunciaron leyes y normas para regular el equilibrio ecológico, se ha comprobado la necesidad de someter a un tratamiento a todos los desechos producidos en las actividades cotidianas. Siguiendo este mismo marco, surge la necesidad de dar un tratamiento al agua residual, así como el manejo adecuado de los lodos para poderlos disponer de tal manera que el impacto al ambiente sea lo menos posible. Lo anterior hace que se cree una corriente en pro del ambiente implementando técnicas y métodos que se adecuen a las necesidades y recursos propios en la región. Los lodos se deben tratar para facilitar su manejo y evitar los problemas desde olores hasta agentes patógenos. Los tratamientos aplicados modifican las propiedades de los lodos, haciéndolos más adecuados para su reutilización o eliminación.

Descripción del proceso de compostaje. La adición de un agente de carga a lodos proporciona las condiciones óptimas para el proceso de compostaje, que por lo general dura de 3 a 4 semanas. Un agente de carga actúa como una fuente de carbono para el proceso biológico, aumenta la porosidad, y reduce el nivel de humedad. El proceso de compostaje tiene varias fases, incluyendo la fase activa, la fase de curación, y la fase de secado. (Isaza&Mora, 2017)

- Fase activa: Durante la fase activa o de estabilización, los lodos se airean y dichos lodos de aguas residuales se descomponen debido a la actividad biológica acelerada. El proceso biológico implicado en el compostaje puede elevar la temperatura hasta 60°C o más. En estas altas temperaturas, todos los patógenos que causan enfermedades son destruidos. Los sistemas de compostaje en hilera debe cumplir esta condición mediante el logro de 55°C durante un mínimo de 15 días consecutivos durante los cuales la hilera se removió en cinco ocasiones. El requisito

fundamental es que el material en el núcleo de la pila de compost se mantendrá a la temperatura requerida (55°C) durante el tiempo necesario (3 días). Por lo tanto, la primera fase suele durar 21 días. La aireación se realiza en una de dos maneras: 1) por medios mecánicos girando la mezcla de manera que los lodos se exponen al oxígeno en el aire, o 2) mediante el uso de sopladores de fuerza o tirar de aire a través de la mezcla. (Isaza&Mora, 2017)

- La fase de curado: Después de la fase activa, el material resultante se cura durante 30 días a 180 días. En este momento, la descomposición adicional, la estabilización, la destrucción de patógenos, y desgasificación se lleva a cabo. El compostaje se considera completo cuando la temperatura del compost retorna a los niveles ambientales. Dependiendo del grado de biodegradación durante la fase activa y la aplicación final del producto terminado, la fase de curado no puede llevarse a cabo como un proceso independiente (EPA 2003).

- Fase de secado: Después de la fase de curación, puede existir un paso más llamado la fase de secado, que puede variar desde pocos días hasta meses. Esta etapa es necesaria si el material va a ser proyectado de acuerdo con la recuperación o el agente de carga utilizado para el reciclaje o para un producto acabado adicional. Si el producto va a ser comercial, el compost final debe ser de 50% a 60% de sólidos. (Isaza&Mora, 2017)

Entre más industrializada esté una ciudad, tendrá mayores posibilidades de El reciclaje de los biosólidos a través de la aplicación al terreno tiene varios propósitos. Estos mejoran las características del suelo, tales como la estructura y la capacidad de absorción de agua, las cuales brindan condiciones más favorables para el crecimiento de las raíces e incrementan la tolerancia

de la vegetación a la sequía. La aplicación de biosólidos también provee nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal, incluyendo el nitrógeno y el fósforo, así como algunos micronutrientes esenciales, tales como el níquel, el zinc y el cobre. (Vasquez&Vargas, 2018)

Los biosólidos o lodos pueden servir también como una alternativa o sustituto de los costosos fertilizantes químicos. Los nutrientes contenidos en los biosólidos ofrecen diversas ventajas en comparación con los fertilizantes inorgánicos, debido a que son orgánicos y pueden ser incorporados lentamente por las plantas en crecimiento. Estas formas orgánicas de nutrientes son menos solubles en agua y por lo tanto, tienen una menor probabilidad de lixiviarse al agua subterránea o ser arrastradas a las aguas superficiales. Existen diversos métodos para la aplicación de biosólidos al terreno. La selección del método depende del tipo de terreno y de la consistencia de los biosólidos.

Definir medidas de aprovechamiento de los lodos producidos.

El manejo y la disposición de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, trae consigo una serie de problemas ambientales, económicos y tecnológicos para las diferentes empresas. No obstante, estos pueden traer beneficios de acuerdo al tratamiento o destino de los mismos. Las principales alternativas de aprovechamiento y las más comunes, son fuente de energía, mejoradores de suelos o material en la construcción. (Avendaño&Martinez, 2015)

Aprovechamiento como fertilizante orgánico. Los lodos mejoran las propiedades del suelo, proporcionando nutrientes, Antes de ser usados como fertilizante orgánico, se tiene que cerciorar

que estos no sean un residuo peligroso, que se realizó a los lodos de la PTAR via mosquito.  
(Isaza&Mora, 2017)

El lodo se puede aplicar en: terrenos agrícolas, terrenos forestales, terrenos marginales y terrenos especialmente preparados para la evacuación del lodo.

El lodo actúa como acondicionador del suelo al facilitar el transporte de nutrientes, aumentar la retención del agua y mejorar la aptitud del suelo para el cultivo, de este modo el lodo sirve como sustituto parcial de fertilizantes químicos caros.



*Figura 36. Lodo distribuido en un terreno*

Fuente. Pasante



*Figura 37. Lodo como abono para las plantas*

Fuente. Pasante



*Figura 38. Alternativas de los aprovechamientos de los beneficios de los lodos en cultivos de plantas*

Fuente. Pasante



*Figura 39. Preparación del terreno con el lodo para cultivo de maíz.*

Fuente. Pasante



*Figura 40. Semillas de maíz sembrados en el terreno*

Fuente. Pasante





*Figura 41. Proceso de crecimiento del cultivo de maíz*

Fuente. Pasante



*Figura 42. Proceso de crecimiento del cultivo de frijol*

Fuente. Pasante

## Capítulo 4. Diagnostico final

El manejo y tratamiento de lodos es una práctica que se realiza hace varios años, ampliando el conocimiento, pero su principal interés se centra en los últimos 10 años debido a la presión mundial por ejercer buenas prácticas ambientales en las industrias que generan grandes volúmenes de contaminación, los lodos residuales y sus múltiples ventajas han demostrado la factibilidad y su utilización en el campo agrícola.

La PTAR cuenta con un tratamiento de lodos por medio de lechos de secado en el cual facilitan el manejo de los lodos ya que por medio del secado se consigue reducir el peso y volumen de los lodos y así disminuir el costo del transporte al sitio de disposición, también requiere un consumo de energía bajo, el lecho de secado está dividido en seis tanques y tiene un tiempo de retención de lodo de 15 días.

El análisis experimental realizado en este proyecto, permite demostrar que los lodos obtenidos del tratamiento de aguas residuales, son una alternativa viable para su utilización como subproducto para cultivo de maíz y de frijol, y mediante esta práctica reducen el impacto ambiental ocasionado por la mala disposición que se les da actualmente a estos lodos.

La composición y contenido de materia orgánica en el lodo evaluado, arroja resultados positivos para su utilización para el mejoramiento del suelo ya que contrarresta los efectos nocivos de la salinidad, incrementa la actividad de los microorganismos nativos del suelo, lo que

va a inducir a una correcta mineralización de los nutrientes del lodo que van a quedar disponibles para la realización de cultivos.

## Capítulo 5. Conclusiones

Con el Plan de manejo y aprovechamiento de los lodos la planta de tratamiento de aguas residuales de vía Mosquito se pudo identificar los procesos unitarios de tratamiento en relación con la generación de lodos en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica. La cual pretende minimizar los índices de contaminación ambiental y la carga contaminante del municipio, también, mejorar el saneamiento básico de la región y la calidad de vida de los habitantes disminuyendo las enfermedades presentadas por las aguas no tratadas y así contribuir al mejoramiento de los recursos hídricos del país.

Así mismo los análisis realizados en el STAR Puerto Mosquito indica que se está cumpliendo con los parámetros legales exigidos en el decreto 1287 de 2014 encontrándose bajo los valores de la categoría A, el cual recomienda diferentes alternativas que se le pueden dar a los lodos residual y da a conocer los niveles de peligrosidad que tienen estos lodos. Al igual se determinó la cantidad de lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica (ESPA). Obteniendo una cantidad semanal de 246kg por las seis secciones de lechos de secado.

Finalmente se propuso alternativas para el manejo de los lodos generados en la PTAR vía puerto mosquito de la empresa de servicios públicos de Aguachica. Donde se aprovechó el lodo como insumo para cultivo de maíz y frijol se convierte en la mejor opción, ya que, debido a sus propiedades y características orgánicas, otorga a las prácticas agrícolas un manejo de nutrientes

en sus cultivos que permiten la disminución del impacto ambiental que pueda generar la utilización de fertilizantes químicos.

## Recomendaciones

Es recomendable almacenar el compostaje resultado de la gestión de lodos hasta dos meses después de la maduración, ya que después de este tiempo se pierden las propiedades y características que pueda aportar al suelo.

Se recomienda realizar campañas o capacitaciones para las personas de la región para enseñar los beneficios e incentivar del uso de este material como aporte en el suelo.

Se recomienda implementar un plan de acción para poder revisar las cantidades actuales del lodo generado periódicamente, para realizar la proyección real de necesidades de espacio y materiales; para conocer los impactos generados que deben ser mitigados inmediatamente para darle cumplimiento a la normatividad y a los compromisos pactados con la autoridad ambiental.

Para garantizar el buen funcionamiento de la planta, su eficiencia y duración se recomienda seguir los lineamientos planteados en el manual de operaciones y mantenimiento de la PTAR via mosquito.

Se recomienda realizar capacitaciones al personal que permita conocer el proceso realizado en cada una de las estructuras y el adecuado mantenimiento que se le debe hacer.

## Referencias

- Avendaño&Martinez. (2015). *recuperación de lodos de las lagunas de oxidación provenientes del proceso de extracción de aceite de palma, para usar como abono en cultivos de palma africana*. Obtenido de recuperación de lodos de las lagunas de oxidación provenientes del proceso de extracción de aceite de palma, para usar como abono en cultivos de palma africana:  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3823/91530880.pdf;jsessionid=CA4C402AA3FFC4535163785EA3F11158.jvm1?sequence=3>
- Camila, T. M. (04 de 11 de 2017). *Fundacion universitaria de america, repositorio*. Obtenido de Repositorio U catolica:  
<http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6593/1/6092218-2017-2-IQ.pdf>
- Donado, R. (08 de 2013). *Repositorio pontificia universidad javeriana*. Obtenido de Repositorio pontificia universidad javeriana:  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13496/DonadoHoyosRoger2013.pdf?sequence=1>
- Empresa de servicios publicos de Aguachica E.S.P.A. (s.f.). *Reseña interna, informe de la empresa de servicios publicos de Aguachica ESPA*. Aguachica.
- Isaza&Mora. (2017). *Formulación de alternativas para el aprovechamientos de los lodos del sistema de tratamiento de aguas residuales (star) vía puerto mosquito del municipio de aguachica, cesar*. Obtenido de Formulación de alternativas para el aprovechamientos de los lodos del sistema de tratamiento de aguas residuales (star) vía puerto mosquito del

municipio de aguachica, cesar:

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/1978/1/30973.pdf>

Jara, P. A. (2014). *aprovechamiento de lodos residuales para cerrar el ciclo urbano del agua, mejorar la eficiencia energética y reducir los gei: caso de la pitar nuevo laredo.*

Obtenido de aprovechamiento de lodos residuales para cerrar el ciclo urbano del agua, mejorar la eficiencia energética y reducir los gei: caso de la pitar nuevo laredo.:

<https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2015/02/TESIS-Blanco-Jara-Perla-Alejandra.pdf>

Ruiz, A., & Quevedo, L. (17 de 05 de 2017). *Repositorio universidad catolica* . Obtenido de

Repositorio universidad catolica :

<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/An%C3%A1lisis%20de%20los%20lodos%20provenientes%20de%20la%20PTAR%20de%20Guatavita.pdf>

Vasquez&Vargas. (2018). *aprovechamiento de lodos planta de tratamiento de aguas residuales municipio de funza, como insumo de cultivo y mejoramiento del suelo.* Obtenido de

aprovechamiento de lodos planta de tratamiento de aguas residuales municipio de funza, como insumo de cultivo y mejoramiento del suelo.:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16425/1/Trabajo%20de%20Grado%20-%20Lodos%20Funza.pdf>

Velasquez, J., & Vargas, G. (02 de 05 de 2018). *Repositorio universidad catolica de Colombia.*

Obtenido de Repositorio universidad catolica de Colombia:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16425/1/Trabajo%20de%20Grado%20-%20Lodos%20Funza.pdf>