

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	<small>Documento</small>	<small>Código</small>	<small>Fecha</small>	<small>Revisión</small>
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
	<small>Dependencia</small>	<small>Aprobado</small>		<small>Pág.</small>
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>i(46)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	<b>MARÍA CLAUDIA NÚÑEZ VERGEL</b>		
<b>FACULTAD</b>	<b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE</b>		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>INGENIERÍA AMBIENTAL</b>		
<b>DIRECTOR</b>	<b>YEENY LOZANO LÁZARO</b>		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>DETERMINACIÓN DEL PRODUCTO Y DOSIS ÓPTIMA PARA REDUCIR LA CARGA CONTAMINANTE PRESENTE EN LOS LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO “LA MADERA” EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER.</b>		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras aproximadamente)			
<p>EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER ES NECESARIO REALIZAR ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS EN LOS LIXIVIADOS GENERADOS EN EL RELLENO SANITARIO “LA MADERA”, YA QUE UNA DE LAS PRINCIPALES AFECCIONES PRESENTES EN ESTA REGIÓN RECAE SOBRE EL MEDIO AMBIENTE; DEBIDO AL AUMENTO DESPROPORCIONADO EN LA PRODUCCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y AGENTES CONTAMINANTE QUE UNIDO AL CRECIMIENTO POBLACIONAL ACELERA EL DETERIORO DE LOS RECURSOS NATURALES INFLUYENDO DIRECTAMENTE EN LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN. .</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>PÁGINAS: 46</b>	<b>PLANOS: 0</b>	<b>ILUSTRACIONES: 32</b>	<b>CD-ROM: 1</b>



**DETERMINACIÓN DEL PRODUCTO Y DOSIS ÓPTIMA PARA REDUCIR LA  
CARGA CONTAMINANTE PRESENTE EN LOS LIXIVIADOS DEL RELLENO  
SANITARIO “LA MADERA” EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE  
SANTANDER.**

**AUTOR(A)**

**MARÍA CLAUDIA NÚÑEZ VERGEL**

**Trabajo de grado modalidad pasantías para obtener el título de Ingeniero Ambiental**

**DIRECTOR(A)**

**YEENY LOZANO LÁZARO**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE**

**INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Ocaña, Colombia**

**Enero, de 2020**

## Índice

<b>Capítulo 1. Determinación del producto y dosis óptima para reducir la carga contaminante presente en los lixiviados del relleno sanitario “La Madera” en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.....</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 Descripción de la estructura organizacional.....	3
1.1.5 Descripción de la dependencia .....	6
1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia asignada .....	9
1.2.1 Planteamiento del problema .....	10
1.3 Objetivos de la pasantía.....	11
1.3.1 Objetivo General .....	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	11
1.4 Descripción de las actividades a desarrollar en la misma .....	11
<b>Capítulo 2. Enfoques referenciales .....</b>	<b>12</b>
2.2 Enfoque legal.....	15
<b>Capítulo 3. Informe de cumplimiento de trabajo .....</b>	<b>17</b>
3.1 Presentación de resultados.....	17
3.1.1 Recolectar muestras de lixiviados generados en el relleno sanitario “La Madera”.....	17
<b>Capítulo 4. Diagnóstico final .....</b>	<b>33</b>
<b>Capítulo 5. Conclusiones.....</b>	<b>34</b>
<b>Capítulo 6. Recomendaciones.....</b>	<b>35</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>36</b>
<b>Apéndices.....</b>	<b>37</b>

## Lista de tablas

Tabla 1. Adición de cloruro férrico (FeCl <sub>3</sub> ) .....	21
Tabla 2. Adición de Cloruro férrico+ Polihidroxiclورو de aluminio .....	22
Tabla 3. Adición de Cloruro férrico+ Policloruro de Aluminio sólidos .....	22
Tabla 4. Adición de Cloruro férrico + Polihidroxiclورو de aluminio + Ácido sulfurico.....	23
Tabla 5. Adición de Cloruro férrico + Polihidroxiclورو de aluminio + amoniaco .....	23
Tabla 6. Análisis de lixiviados FeCl <sub>3</sub> + polihidroxiclورو de aluminio.....	24
Tabla 7. Adicional lixiviados 5 ml Cloruro férrico 50 ppm sulfato de aluminio.....	25
Tabla 8. Adicional Relleno Sanitario “la madera” .....	25
Tabla 9. Adicional análisis de lixiviados 5 ml Cloruro ferrico + Policloruro De aluminio.....	26
Tabla 10. Adicional lixiviados 5 ml de FeCl <sub>3</sub> + Coagulante .....	26
Tabla 11. Adicional prueba de jarras lixiviados 5 ml FeCl <sub>3</sub> + PAC .....	27
Tabla 12. Adicional Relleno Sanitario, Análisis de lixiviados FeCl <sub>3</sub> + policloruro de aluminio sólido.....	27
Tabla 13. Adicional Relleno Sanitario, Análisis de lixiviados FeCl <sub>3</sub> + policloruro de aluminio sólido.....	28
Tabla 14. Adicional Relleno Sanitario, Análisis de lixiviados FeCl <sub>3</sub> + policloruro de aluminio sólido.....	29
Tabla 15. Adicional Relleno Sanitario “La Madera” .....	29

## Lista de figuras

Figura 1. Descripción de la estructura organizacional .....	3
Figura 2. Estructura organizacional del Área Físico Operativa.....	6
Figura 3. Matriz Dofa .....	9
Figura 4. Descripción de las actividades a desarrollar en la misma .....	11

# **Capítulo 1. Determinación del producto y dosis óptima para reducir la carga contaminante presente en los lixiviados del relleno sanitario “La Madera” en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.**

## **1.1 Descripción de la empresa**

Del análisis realizado al establecimiento público denominado EMPRESA MUNICIPAL DE SERVICIOS PUBLICOS DE OCAÑA, a través del Plan de Ajuste Institucional que hiciera parte del estudio del “Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de la ciudad de Ocaña” elaborado en los inicios del año 1993, se concluyó que dicho establecimiento afrontaba serias dificultades de orden económico, financiero, operativo y laboral, por tal razón y considerando la filosofía de un proyecto de Ley de Servicios Públicos que hiciera tránsito en aquel entonces en el congreso de la república y que es hoy la Ley 142 de 1994, el concejo municipal autorizó al alcalde del municipio de Ocaña para participar en la constitución de una sociedad por acciones que se encargara de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, a la cual se le entregaría en calidad de arrendamiento los activos afectados en la prestación de los mencionados servicios (Acuerdo No. 16 del 13 de Julio de 1994).

De esta manera y con la participación de muchas personas naturales y jurídicas, que creyeron en el proyecto y con la anuencia del municipio de Ocaña, como arrendador de los bienes afectados a la prestación de los servicios públicos y así mismo, como accionista de la nueva Empresa, nace ESPO S.A. "E.S.P" como Sociedad Anónima, constituida mediante Escritura Publica No 246 del 13 de Octubre de 1994, otorgada en la notaria segunda de Ocaña debidamente inscrita en el registro mercantil de la cámara de comercio de Ocaña, bajo el No 613 del libro IX en la página No 40, con matricula mercantil No 49-004652-4. A través de una

publicidad masiva e intensiva, utilizando para ello, los medios de comunicación locales y enviando información pertinente, mediante volantes anexos a las facturas de cobro de los servicios realizada durante un período de tres meses, se logró la aceptabilidad del proyecto por parte de la comunidad de usuarios y la adquisición de acciones de acuerdo con las condiciones establecidas que en ese entonces le dieron vida a ESPO S.A.

**1.1.1 Misión. En ESPO S.A.** trabajamos con un alto sentido de responsabilidad social, eficiencia y eficacia en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo, buscando satisfacer las necesidades de agua potable y saneamiento básico con calidad y continuidad; contribuyendo a mejorar el nivel de vida de la comunidad.

**1.1.2 Visión.** En el año 2030, la ESPO S.A.” E.S.P” Sera una empresa líder en Ocaña y en la provincia en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable, saneamiento básico y complementarios, operando bajos criterios de Sostenibilidad, Competitividad y respeto por el Medio Ambiente.

### **1.1.3 Objetivos de la empresa**

Prestar los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo de manera oportuna y continua, en cumplimiento de los requisitos y normatividad aplicable.

Elevar el nivel de satisfacción de los usuarios.

Promover la conservación y el uso racional de los recursos naturales relacionados con la prestación de los servicios de la ESPO S.A.

Mejorar continuamente la eficacia, eficiencia y efectividad del sistema de gestión.

Fortalecer las competencias del personal con propósitos de crecimiento organizacional.

### 1.1.4 Descripción de la estructura organizacional

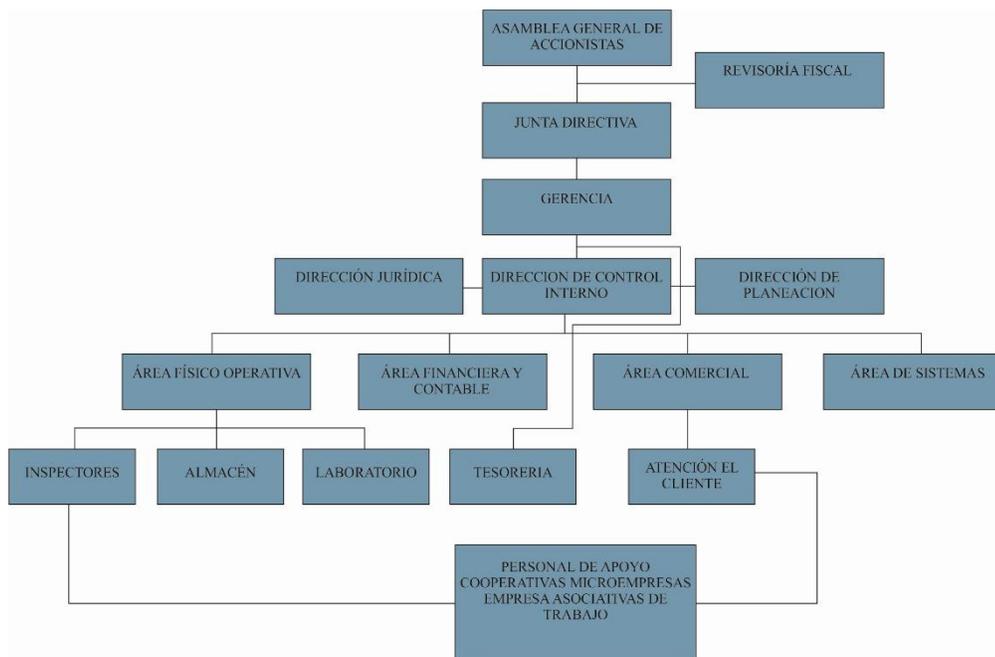


Figura 1. Descripción de la estructura organizacional

Fuente: Manual de Procesos Gerenciales ESPO S.A

**Asamblea de accionistas:** La constituye el numero plural de accionistas inscritos en el libro de “registro de accionistas” o de sus representantes o mandatarios. Convocados y reunidos en las condiciones que señalan los estatutos.

**Junta directiva:** La junta directiva está formada por cinco (5) miembros principales quienes tendrán cada uno un suplente personal. La representación de las acciones de propiedad del municipio las ejercerá el alcalde municipal o su delegado, quien además será el presidente de la junta directiva y la elección de sus cuatro (4) miembros se hará en forma que exista representaron directamente proporcional de la propiedad de accionaria en su composición.

**Gerencia:** Es el representante legal y como tal debe encargarse de la materializar las acciones de necesarias para el cumplimiento del objeto social de la empresa. De igual forma debe

ejecutar las direcciones que la junta directiva trace en relación con las políticas y metas empresariales, lo mismo que dirigir, coordinar, vigilar y controlar el personal de la empresa y la ejecución de las funciones o programas de esta.

**Revisor fiscal:** Deberá ser contador público, designado por la asamblea general de accionistas, para un periodo de un (1) año y su función principal es la de cerciorarse de que las operaciones se celebren o cumplan por cuenta de la empresa y se ajusten a las prescripciones de los estatutos, a las decisiones de la asamblea general y de la junta directiva.

**Control interno:** Implementa y evalúa el sistema de control interno de la empresa como parte integral para el cumplimiento de los fines sociales creando los instrumentos precisos para medir la efectividad de la empresa y sus funcionarios.

**Planeación:** Recolecta y prepara toda la información necesaria para la elaboración y puesta en función de los planes y políticas gerenciales y empresariales que sirvan de sustento al cumplimiento del objetivo social.

**Dirección jurídica:** Presta la asesoría legal y jurídica que la empresa y sus empleados requieran previo poder otorgado por la gerencia.

**Área físico operativa:** Planea, organiza, coordina y controla las labores de mantenimiento de la infraestructura física de acueducto, alcantarillado y aseo y las tareas realizadas por los encargados para tal fin.

**Área financiera y contable:** Se encarga de mejorar el sistema financiero de la empresa y realiza las proyecciones económicas y financieras que ella requiere.

**Área comercial:** Establece las políticas y las actividades comerciales indispensables para brindar un servicio oportuno, confiable y eficiente a los usuarios del servicio, de manera que se asegure a la empresa la recuperación de ingresos necesarios para su expansión y crecimiento.

**Área de sistemas:** El responsable de la operación, mantenimiento y actualización de todo lo pertinente a los sistemas de computación de la empresa, así como prestar la asesoría técnica que se requiera.

**Almacén:** Debe establecer un sistema ordenado y seguro de almacenamiento y entrega de todos los elementos y materiales que pertenezcan a la empresa o se vayan a adquirir.

**Atención al cliente:** Se encarga de la atención al público en general lo mismo que la recepción y trámite de la quejas, reclamos y peticiones que lo usuarios presenten.

**Inspectores:** Revisan, inspecciona, evalúan y entregan todos los trabajos hechos por los contratistas de la parte operativa, lo mismo que lo relacionado con las plantas de tratamiento y el sistema de aseo al área físico operativo. Tesorería: ejecuta las acciones tendientes a materializar la seguridad de los recaudos de dinero y de la protección de los títulos valores, así como realizar los pagos que se requieran.

**Secretaria:** Revisa, recibe, clasifica, distribuye y controla documentos, datos y elementos correspondientes de la empresa, así como la recepción y atención de público y de llamadas telefónicas.

**Conductor, mensajero y operador de válvulas:** Conduce los vehículos de propiedad, de la empresa, transporta a los funcionarios de la empresa cuando así lo requieren, transporta los materiales adquiridos y entrega la correspondencia.

### 1.1.5 Descripción de la dependencia

Está conformada de la siguiente manera:

CARGO	RESPONSABLE
Jefe de área	Ing. Ray Carlos Ramírez Rincón
Auxiliar de área	Ing. Adrián Cárdenas
Jefe de almacén	Ana Karina Pérez Tarazona
Inspectores	Tec. Luis Yaruro Luis Arevalo Tec. Edgardo Navarro Hugo Navarro Pedro Duarte Elkin Gómez
Laboratistas	Quim. Carlos Alberto Patiño Bact. Johana Paez

*Figura 2.* Estructura organizacional del Área Físico Operativa

Fuente: Manual de Procesos Gerenciales ESPO S.A.

#### **Funciones específicas**

Organizar, dirigir, coordinar y controlar los trabajos de mantenimiento y reposición de las redes de acueducto y alcantarillado y lo pertinente al servicio de aseo y de las actividades conexas con ellas.

Ejercer el control y la interventoría de los trabajos relacionados con la ejecución de los contratos suscritos por la empresa para el mantenimiento de las redes de acueducto y alcantarillado y para la ejecución del servicio de aseo, así como las de otras actividades conexas con estos servicios.

Elaborar mensualmente las actas de liquidación correspondientes a las cuentas de cobro presentadas por los contratistas de la empresa.

Suscribir actas de compromiso con relación al cumplimiento de los trabajos contratados luego de evaluar los informes de actividades de los contratistas.

Calcular los costos de las instalaciones, mejoras y ampliaciones de las redes.

Coordinar la ejecución de programas, proyectos y actividades, dirigidas a la operación, mantenimiento y reposición de las estructuras, equipos e instalaciones en los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo.

Elaborar los manuales operativos y mantenerlos actualizados.

Evaluar periódicamente los diferentes programas de orden técnico, operativos y preventivos adelantados por la empresa y programar las actividades a desarrollar para el mejoramiento de los servicios.

Realizar visitas de evaluación periódicas a todas las instalaciones de la empresa que dependan del área, tal como, bocatomas, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento, redes de distribución.

Elaborar informes y actualizar planos sobre las redes de acueducto y alcantarillado, rutas de distribución de recibos y rutas de recolección de basuras.

Velar por una correcta aplicación de las políticas de medición, con el fin de detectar fugas en conducciones y redes, medir la producción y controlar desperdicios.

Realizar la estadística sobre los caudales captados y los niveles de agua en las fuentes de abastecimiento.

Realizar visitas de inspección para evitar que se realicen conexiones no autorizadas a las redes de conducción y distribución de los sistemas de acueducto y alcantarillado y tomar los correctivos cuando se presente esta situación.

Inspeccionar el estado y condiciones de funcionamiento de las estructuras de vertimiento, pozos de inspección y de los sumideros existentes en el sistema de alcantarillado y programar las acciones de limpieza y conservación para garantizar su funcionamiento adecuado.

Vigilar los niveles de los tanques de almacenamiento de agua teniendo en cuenta las presiones de descarga.

Inspeccionar permanentemente el equipo y elementos utilizados en el sistema de tratamiento.

En coordinación con la dirección de planeación y siguiendo los alineamientos legales y ejecutar las acciones necesarias para la elaboración del plan integral sobre la disposición final de basuras.

Analizar sobre las solicitudes de disponibilidad para la prestación de servicios de acueducto y alcantarillado y conceptuar sobre su aprobación de conformidad con la debida justificación técnica.

Elaborar la liquidación de los valores a cobrar a los usuarios que se generen en las órdenes de trabajo ejecutadas por los contratistas.

## 1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia asignada

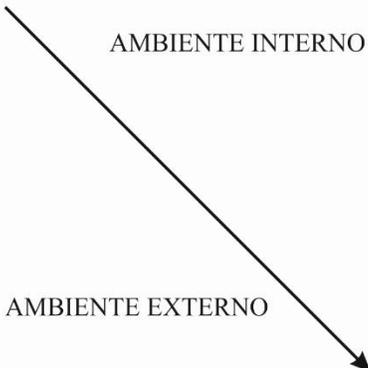
	FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>AMBIENTE INTERNO</p>  <p>AMBIENTE EXTERNO</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personal comprometido con la empresa.</li> <li>Experiencia del equipo de trabajo.</li> <li>Cuenta con los reactivos adecuados.</li> <li>Existencia de equipos e instalaciones apropiadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Área no apta para la ubicación del laboratorio.</li> <li>Existencia de vibración en el laboratorio por la moto-bombas.</li> <li>Infraestructura en mal estado.</li> </ul>
OPORTUNIDADES	FO (MAXI-MAXI)	DO(MINI-MAXI)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar la capacidad del relleno sanitario.</li> <li>Estudio nuevo que se pretende implementar en la empresa.</li> <li>Reducción del impacto negativo causado sobre el medio ambiente.</li> <li>Disminución de vectores y olores ofensivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar campañas para disminuir la generación de residuos sólidos.</li> <li>Disponibilidad de equipos y reactivos para el análisis fisicoquímicos en las muestras de lixiviado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio que permitan determinar el producto y dosis óptima para el tratamiento de lixiviados.</li> <li>Reubicación del área del laboratorio.</li> </ul>
AMENAZAS	FA (MAXI-MINI)	DA(MINI-MINI)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación de los recursos.</li> <li>Crecimiento de la población aledaña.</li> <li>Necesidad de recircular los lixiviados para evitar colapsos en la oficina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El personal de la empresa sea debidamente capacitado para realizar un tratamiento adecuado de los lixiviados en el relleno sanitario.</li> <li>Utilizar los recursos existentes para un óptimo funcionamiento del sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación real del funcionamiento del sistema de tratamiento de lixiviados.</li> <li>Mejorar la infraestructura del laboratorio.</li> </ul>

Figura 3. Matriz Dofa

Fuente: Pasante 2018.

**1.2.1 Planteamiento del problema.** Con el paso del tiempo la sociedad ha crecido, emigrando hacia la ciudad lo que ha influido directamente en el cambio de sus costumbres, de tal forma se han incrementado las necesidades de consumo de la humanidad. Debido a esto ha aumentado el uso irracional de muchos materiales, los cuales se convierten a corto plazo, en desechos que en poco tiempo provocan una serie de problemas a resolver. La generación de residuos sólidos es uno de los problemas ambientales más grandes presentados en la actualidad; los cuales al ser depositados en los rellenos sanitarios generan lixiviados con alto poder contaminante, provocando impactos negativos a mediano y largo plazo.

Por tal razón, en el municipio de Ocaña, Norte de Santander es necesario realizar análisis fisicoquímicos en los lixiviados generados en el relleno sanitario “La Madera”, ya que una de las principales afecciones presentes en esta región recae sobre el medio ambiente; debido al aumento desproporcionado en la producción de los residuos sólidos y agentes contaminante que unido al crecimiento poblacional acelera el deterioro de los recursos naturales influyendo directamente en la calidad de vida de la población.

La descomposición generada en la mezcla de los diferentes residuos acumulados en casa, genera un subproducto denominado lixiviado, el cual se clasifica de acuerdo al tiempo de vida del mismo, y cuya composición dependerá de la combinación de las cantidades de residuos contenidos en determinados desechos.

Por esto es necesario considerar un tratamiento efectivo a los lixiviados, el cual permita mejorar las técnicas que actualmente se desarrollan, creando sistemas adecuados desde el punto de vista ambiental, social y económico que permitan eliminar contaminantes, de tal manera reduzca el impacto negativo causado sobre el medio ambiente, en especial a los recursos hídricos y las afectaciones en la salud de la población aledaña.

### 1.3 Objetivos de la pasantía

**1.3.1 Objetivo General.** Determinar el producto y dosis óptima para reducir la carga contaminante presente en los lixiviados del relleno sanitario “La Madera” en el municipio de Ocaña, Norte de Santander; como base para la implementación de un sistema de tratamiento mediante una membrana de intercambio iónico.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

Recolectar muestras de lixiviados generados en el relleno sanitario “La Madera”.

Realizar análisis fisicoquímicos en las pruebas de laboratorio.

Determinar el producto y la dosis óptima para el tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario.

### 1.4 Descripción de las actividades a desarrollar en la misma

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES A DESARROLLAR
Determinar el producto y dosis óptima para reducir la carga contaminante presente en los lixiviados del relleno sanitario “La Madera” en el municipio de Ocaña, Norte de Santander; como base para la implementación de un sistema de tratamiento mediante una membrana de intercambio iónico.	Recolectar muestras de lixiviados generados en el relleno sanitario “La Madera”	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar la revisión bibliográfica que permita identificar los procesos adecuados en el tratamiento de lixiviados.</li> <li>Realizar toma de muestras de lixiviados en el relleno sanitario “La Madera”.</li> </ul>
	Realizar análisis fisicoquímicos en las pruebas de laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar las principales características del lixiviado generado en el relleno sanitario “La Madera”.</li> <li>Realizar procesos de coagulación y floculación mediante la utilización de cloruro férrico.</li> <li>Utilización de otro tipo de polímero (policloruro de aluminio, tetracloruro de aluminio, etc.) que permita reducir la carga contaminante.</li> <li>Pasar el lixiviado de membrana de intercambio iónico.</li> </ul>
	Determinar el producto y la dosis óptima para el tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar pruebas de ensayo y error con los diferentes productos que permita una reducción eficaz de la carga contaminante en los lixiviados.</li> <li>Realizar pruebas de laboratorio que permitan determinar conductividad, pH, color, nitratos, nitritos, hierro, cobre, manganeso, oxígeno disuelto, DQO, DBO, nitrógeno amoniacal, fosfatos.</li> </ul>

Figura 4. Descripción de las actividades a desarrollar en la misma

Fuente: Pasante 2018.

## Capítulo 2. Enfoques referenciales

### 2.1 Enfoque conceptual

**Carga contaminante:** Medida que representa la masa de contaminante por unidad de tiempo que es vertida por una corriente residual. Comúnmente se expresa en T/año, T/día ó Kg/d (IDEAM, 2017).

**Índice de carga contaminante:** Es la relación entre el nivel de producción y la carga contaminante que se genera en esa actividad. El índice fija una cantidad de sustancia determinada que es generada en la actividad productiva en un tiempo considerado (IDEAM, 2017).

**Concentración:** Se entiende por concentración a una cantidad de sustancia en relación con un volumen determinado que la contiene, el que puede ser aire, suelo o agua. Se expresa en unidades de masa entre volumen para agua y aire: g/l, mg/l y para suelos g/g, mg/Kg, etc. Las unidades más usuales son las siguientes: g/l, mg/l, g/g, g/100g, mg/g, mg/m<sup>3</sup> (aire), etc (IDEAM, 2017).

**Lixiviado:** Es el líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación (UAESP, 2019).

**Coagulación:** La coagulación consiste en introducir en el agua un producto capaz de neutralizar la carga de los coloides generalmente electronegativos, presentes en el agua y de formar un precipitado (Degremont, 2018).

**Floculación:** El coagulante introducido da lugar a la formación del flóculo, pero es necesario aumentar su volumen su peso y sobre todo su cohesión. Se favorecerá el engrosamiento del flóculo por medio de:

- una coagulación previa tan perfecta como sea posible,
- un aumento de la cantidad del flóculo en el agua; conviene poner el agua en contacto con los precipitados ya formados por el tratamiento anterior (Degremont, 2018).

**Conductividad:** La conductividad de una sustancia se define como "la habilidad o poder de conducir o transmitir calor, electricidad o sonido". Las unidades son Siemens por metro [S/m] en sistema de medición SI y micromhos por centímetro [mmho/cm] en unidades estándar de EE.UU.. Su símbolo es k or s (Lenntec, 2019).

**Relleno sanitario:** El relleno sanitario es un método diseñado para la disposición final de la basura. Este método consiste en depositar en el suelo los desechos sólidos, los cuales se esparcen y compactan reduciéndolos al menor volumen posible para que así ocupen un área pequeña. Luego se cubren con una capa de tierra y se compactan nuevamente al terminar el día (Ministerio de Salud, 1997).

**Análisis fisicoquímicos:** El análisis químico de aguas permite medir los minerales y compuestos presentes, disueltos o en suspensión. La calidad del agua se puede determinar por análisis cuantitativos en el laboratorio, tales como pH, sólidos totales (TS), la conductividad y otros elementos químicos disueltos (León, 2012).

**Cloruro férrico:** Es un compuesto químico más utilizado a escala industrial, perteneciente al grupo de los haluros metálicos cuya Fórmula es  $\text{FeCl}_3$ . El cloruro férrico en solución al 40%

coagulante para tratamiento de aguas y efluentes, por su carácter covalente, es soluble en disolventes orgánicos.

Cuando se disuelve en agua, el cloruro de (hierro) férrico sufre hidrólisis y libera calor en una reacción exotérmica. De ello resulta una solución ácida y corrosiva de color marrón que se utiliza como coagulante en el tratamiento de aguas residuales, para la potabilización del agua, (y en la industria electrónica).

Se utiliza como coagulante para:

- Tratamiento de aguas residuales (efluentes cloacales y efluentes industriales)
- Potabilización de agua (tratamiento de agua de río para obtener agua de consumo)
- Floculantes – tratamiento de aguas

$\text{FeCl}_3$  en medio acuso ligeramente básico reacciona con el ion hidróxido para formar flóculos de  $\text{FeO}(\text{OH})^-$ , que puede eliminar los materiales en suspensión.

**Hidroxiclорuro de aluminio:** Es un polinuclear de aluminio líquido que se desempeña efectivamente como coagulante inorgánico para aguas tanto potables como residuales. Empleando como coagulante – floculante en clarificación para condiciones de alta turbiedad sin disminuir el pH. El hidroxiclорuro de aluminio  $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}_2\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  es una sal inorgánica de aluminio multinuclear (PAC) capaz de formar con mayor rapidez y perfección, flóculos con mayor velocidad de sedimentación y poder clarificante logrando remociones altas de turbiedad respecto a otra sales de aluminio mononuclear como el sulfato de aluminio el pH óptimo de funcionamiento está entre 5.0 y 9.0 dependiendo del contenido de carbono orgánico disuelto en agua.

## 2.2 Enfoque legal

**Ley 99 de 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, y se dictan otras disposiciones.

**Decreto – Ley 2811 de 1974 ó Código de los Recursos Naturales de Protección al Medio Ambiente:** define normas generales de política ambiental, reglamenta la propiedad, usos e influencia ambiental de los recursos naturales renovables: aguas no marítimas, atmósfera y espacio aéreo, el mar y su fondo, recursos energéticos primarios, recursos geotérmicos, la tierra y los suelos, flora terrestre, fauna terrestre, recursos hidrobiológicos, el paisaje, su protección y 49 modos de manejo de los recursos naturales renovable.

**Resolución 0631 del 7 marzo del 2015.** Establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

**RESOLUCIÓN 1074 DE 1997** (octubre 28) Derogada por el art. 25, Resolución SDA 3956 de 2009 por la cual se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos

**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 11I- Libro 11 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones"

**Resolución 1096 de 2000.** Por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico, "RAS".

**CONPES 3137 de 2002. Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales:** Este documento somete a consideración del CONPES las acciones prioritarias y los lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales (PMAR) con el fin de promover el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico de la Nación.

**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

**Decreto 948 de 1995.** Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire, de alcance general y aplicable en todo el territorio nacional, mediante el cual se establecen las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire, generada por fuentes contaminantes fijas y móviles, las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire o niveles de inmisión, las normas básicas para la fijación de los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera, las de emisión de ruido y olores ofensivos, se regulan el otorgamiento de permisos de emisión, los instrumentos y medios de control y vigilancia, el régimen de sanciones por la comisión de infracciones y la participación ciudadana en el control de la contaminación atmosférica.

**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”.

## **Capítulo 3. Informe de cumplimiento de trabajo**

### **3.1 Presentación de resultados**

#### **3.1.1 Recolectar muestras de lixiviados generados en el relleno sanitario “La Madera”.**

**Realizar una revisión bibliográfica que permita identificar los procesos adecuados en el tratamiento de lixiviados.**

A continuación, se muestran los procesos adecuados en el tratamiento de lixiviados:

#### **Recirculación de Lixiviados**

Se pretende utilizar el relleno sanitario como un gran reactor anaerobio de tal manera que dentro del mismo relleno se logre la conversión a metano de los ácidos grasos que están presentes en el lixiviado. Al recircular los lixiviados se logra un aumento en la humedad de los residuos dispuestos, que a su vez genera un aumento de la tasa de producción de gas metano en el relleno. Una vez los ácidos grasos han sido metanizados, el pH del lixiviado aumenta, y al aumentar el pH la solubilidad de los metales disminuye de tal forma que se logra una disminución de los metales en solución que son transportados por el lixiviado. De esta manera se logra una reducción significativa tanto de la DBO como de los metales que finalmente arrastra el lixiviado.

#### **Evaporación de Lixiviados**

En ella se utiliza la energía que se tiene en el biogás del relleno sanitario en evaporar el lixiviado por calentamiento. Existen varios tipos de tecnologías ya desarrolladas para lograr el objetivo. Las tecnologías existentes permiten lograr el control del total de emisiones de lixiviados del relleno sanitario, quedando un lodo que se dispone nuevamente en el relleno. La

experiencia y los cálculos de producciones de gas y lixiviados en los rellenos sanitarios indican que se tiene gas en exceso para suplir las necesidades energéticas de evaporación del lixiviado. Dependiendo del tipo de lixiviado en algunos casos existe la necesidad de hacer un post-quemado de la mezcla gas-vapor de agua que sale del evaporador para lograr la destrucción de emisiones de COVs que se arrastran durante el proceso de evaporación, de tal manera que la cantidad requerida de biogás se aumenta con respecto a los cálculos termodinámicos normales. Sin embargo, una vez quemados los COVs las emisiones del proceso se limitan a vapor de agua y a un lodo espesado.

### **Tratamiento conjunto con las aguas residuales**

El tratamiento de lixiviados es muy similar a la depuración de aguas residuales, aunque con algunas diferencias debido a su alta carga orgánica. Los aspectos económicos y técnicos marcan el tipo de tratamiento más adecuado para cada caso concreto, combinándose en muchas ocasiones varios de ellos. El tratamiento consiste en evacuar el lixiviado por la red de alcantarillado o transportarlo en camiones hasta la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Una de las ventajas de este tratamiento conjunto consiste en que al contener los lixiviados normalmente un exceso de nitrógeno, y las aguas residuales un exceso de fósforo, del que generalmente son deficitarios los primeros, ninguno de estos dos elementos necesita ser suministrado en la planta de tratamiento.

### **Tratamiento biológico aeróbico**

Los procesos aerobios al igual que los anaerobios han sido ampliamente estudiados para el tratamiento de los lixiviados de rellenos sanitarios. Existe experiencia con una gran variedad de tipos de sistemas, desde las tradicionales Lagunas Aireadas, hasta sofisticados sistemas que

acoplan Reactores Biológicos con Procesos de Ultrafiltración con Membranas. Su rango de aplicación es conocido al igual que los problemas y limitaciones que pueden surgir en su aplicación. Se utilizan cuando se requiere obtener una baja concentración de DBO en los efluentes. Vale la pena aclarar que como usualmente las concentraciones de DBO en los lixiviados son muy altas es relativamente fácil tener remociones porcentuales superiores al 90% en este parámetro. Sin embargo, la DBO remanente puede ser todavía alta. Los costos de inversión y de operación y mantenimiento son significativamente superiores a los de los procesos anaerobios cuando los lixiviados son concentrados, como es el caso de un lixiviado joven, por lo que se logran mejores relaciones beneficio / costo cuando se utilizan para tratar lixiviados con concentraciones medias o bajas de DBO. Por esta razón, y dependiendo de las exigencias del vertimiento, se usan preferencialmente como postratamiento a los sistemas anaerobios, o para lixiviados viejos con bajos niveles de DBO.

### **Tratamiento biológico anaeróbico**

Las tecnologías clásicas para la remoción de materia orgánica, que como en el caso de los lixiviados es predominantemente materia orgánica disuelta, son los procesos biológicos de tratamiento. Para el caso de un lixiviado joven, en especial lixiviados de rellenos con altos contenidos de MOFBD (materia orgánica fácilmente biodegradable), los consecuentemente altos contenidos de materia orgánica parecieran idealmente apropiados para la aplicación de los procesos anaerobios de tratamiento. De hecho existen numerosos reportes de trabajo de todo tipo de tecnologías anaerobias, desde las más simples lagunas anaerobias, hasta complicados sistemas de lecho fluidizado, pasando por filtros anaerobios y reactores UASB. En términos de las reducciones de DBO se reportan muy altas eficiencias a cargas razonables. Usualmente se usan

para llegar a niveles de tratamiento secundario, pero cuando se requieren eficiencias superiores se utilizan como pretratamiento, precediendo a sistemas aerobios como los lodos activados.

### **Sistemas de membranas**

La tecnología del tratamiento de aguas utilizando membranas es una tecnología de rápido desarrollo en la última década. Con mayor frecuencia se observan más aplicaciones de las membranas en el tratamiento de todo tipo de efluentes, incluyendo obviamente los lixiviados de rellenos sanitarios. Se encuentra en la literatura aplicaciones de la Microfiltración, la Ultrafiltración, la Nanofiltración, la Ósmosis Inversa, la Ósmosis Directa e inclusive la pervaporación al tratamiento de los lixiviados, bien sea de manera directa, o acoplada a otro tipo de proceso de tratamiento. Por ejemplo, se observa que tanto la Microfiltración como la Ultrafiltración se han acoplado a procesos biológicos de tratamiento aerobio, en reemplazo de los Sedimentadores, tanto para la remoción de DBO, como para la Nitrificación del Amoníaco.

### **Tratamientos físico-químicos**

El tratamiento físico químico, consiste en la eliminación de las partículas denominadas coagulantes (sales metálicas y /o polielectrolitos). Involucra proceso de coagulación, floculación y sedimentación y el elemento fundamental para el éxito de este proceso es determinar el coagulante o la combinación de coagulante más eficiente que se relacionan necesariamente con las características físico químicas del liquido Los tratamientos físicos químico se clasifican en21: Precipitación química, Oxidación química, Absorción con carbono activo, Osmosis inversa. Stripping de NH3.

## Sistemas Naturales

Los sistemas naturales, lagunas y humedales artificiales, también se han propuesto como alternativas para el tratamiento de lixiviados. Tienen la ventaja de la simplicidad en su operación, y la posibilidad de lograr diferentes niveles de tratamiento, desde un pretratamiento, hasta un tratamiento terciario en caso de necesitarse. La combinación de las lagunas y los humedales puede manejar adecuadamente muchos de los problemas que en otras tecnologías aparecen como son la acumulación de precipitados, la formación de espumas, la toxicidad a los microorganismos, y las variaciones en cargas hidráulicas y orgánicas. Esto se logra al tener tiempos de retención hidráulica muy altos y volúmenes de procesos igualmente grandes, que permiten acomodar variaciones en caudal, acumulaciones de precipitados, junto con una baja producción de gases y por lo tanto de espumas. Desde el punto de vista de costos en valor presente, la tecnología ha probado ser muy competitiva al compararse con otras alternativas.

### Realizar toma de muestras de lixiviado en el relleno sanitario “la madera”

### Prueba Floculación de lixiviados del relleno sanitario “la madera”

Tabla 1. Adición de cloruro férrico ( $FeCl_3$ )

Parámetros	Valores ( ppm)
Ph	7.37
Turbiedad	86.4
Color	>550
Hierro total	12.7
Cobre	0
Manganeso	0.33
Conductividad	17520
DBO <sub>5</sub>	388
DQO	586
OD	0
Nitrógeno Amoniacal	>13.8
Nitratos	99
Nitritos	8.25
Cloruros	>300
Sólidos suspendidos	520

Sólidos totales	560
Fosfatos	0.28
Aluminio	0.05
Sulfatos	>75

Fuente: Pasante 2018.

Tabla 2. Adición de Cloruro férrico+ Polihidroxiclورو de aluminio

Parámetros	110 ppm	115 ppm	120 ppm	125 ppm	130 ppm	140 ppm
pH	7.70	7.68	7.76	7.79	7.72	7.73
Turbiedad	13.6	8.51	4.05	14.3	6.28	9.85
Color	375	337	348	384	366	306
Hierro Total	1.81	1.64	1.03	1.73	1.30	1.92
Cobre	0.36	0.24	0.18	0.33	0.38	0.40
Manganeso	0.06	0.06	0.04	0.05	0.03	0.07
Conductividad	18520	18290	18720	18290	18770	18730
DBO <sub>5</sub>	674	618	370	618	388	692
DQO	458	480	562	480	592	491
OD	0	0	0	0	0	0
Nitrógeno Amoniacal	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8
Nitratos	39.4	40.8	35.2	45.7	38.5	44.6
Nitritos	1.47	1.31	1.22	1.42	1.49	1.44
Cloruros	>400	>400	>400	>400	>400	>400
Sólidos suspendidos	460	460	290	510	310	580
Sólidos totales	650	650	350	700	380	760
Fosfatos	0.15	0.15	0.13	0.14	0.13	0.16
Aluminio	0.15	0.15	0.19	0.17	0.24	0.19
Sulfatos	>75	>75	>75	>75	>75	>75

Fuente: Pasante 2018.

Tabla 3. Adición de Cloruro férrico+ Policloruro de Aluminio sólidos

Parámetros	80 ppm	90 ppm	100 ppm	110 ppm	120 ppm	130 ppm
Ph	7.51	7.44	7.54	7.52	7.55	7.50
Turbiedad	78.1	80.3	1.96	166	165	178
Color	>550	>550	>550	>550	>550	>550
Hierro total	13.2	12.9	17.1	17.5	16.9	16.7
Cobre	0	0	0	0	0	0
Manganeso	0.34	0.31	0.39	0.42	0.41	0.41
Conductividad	18800	18490	20200	20300	20300	20400
DBO <sub>5</sub>	407	398	483	478	491	477
DQO	628	619	748	724	731	699
OD	0	0	0	0	0	0
Nitrógeno Amoniacal	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8
Nitratos	47.8	45.8	51.4	50.2	50.6	52.2
Nitritos	1.45	1.41	1.67	1.63	1.58	1.62
Cloruros	>350	>350	>400	>400	>400	>400

Sólidos suspendidos	470	450	990	1010	980	990
Sólidos totales	930	910	1310	1290	1250	1300
Fosfatos	0.15	0.13	0.18	0.16	0.15	0.17
Aluminio	0.19	0.16	0.17	0.17	0.16	0.17
Sulfatos	>75	>75	>75	>75	>75	>75

Fuente: Pasante 2018.

Tabla 4. Adición de Cloruro férrico + Polihidroxiclорuro de aluminio + Ácido sulfúrico

Parámetros	130 ppm	140 ppm
pH	8.08	8.05
Turbiedad	102	97.9
Color	>550	>550
Hierro Total	6.8	6.05
Cobre	0	0.35
Manganeso	3.5	5
Conductividad	24100	24100
DQO	604	661
OD	0	0
Nitrógeno Amoniacal	>13.75	>13.75
Nitratos	147.4	156.2
Nitritos	0.99	0.84
Cloruros	>400	>400
Fosfatos	1.2	0.75
Aluminio	0.2	0.15
Sulfatos	>75	>75

Fuente: Pasante 2018.

Tabla 5. Adición de Cloruro férrico + Polihidroxiclорuro de aluminio + amoníaco

Parámetros	130 ppm	140 ppm
pH	8.50	8.50
Turbiedad	223	208
Color	>550	>550
Hierro Total	>16.5	>16.5
Cobre	0	0
Manganeso	0	0
Conductividad	24100	24100
DQO	614	673
OD	0	0
Nitrógeno Amoniacal	>13.75	>13.75
Nitratos	314.6	341
Nitritos	1.40	1.40
Cloruros	>400	>400
Fosfatos	0.45	0.67
Aluminio	0.35	0.35
Sulfatos	>75	>75

Fuente: Pasante 2018.

Con la anterior prueba realizada a los lixiviados se expone lo siguiente:

1. Los lixiviados generados no presentan las mismas características, pues los análisis arrojaron que para que diferentes muestras, los resultados variaban considerablemente en algunos parámetros a pesar de que dichas muestras eran recolectadas en el mismo punto.
2. La floculación inicial realizada con  $FeCl_3$  (Cloruro férrico), mostró muy buenos porcentajes de remoción, pero dicho producto no se pudo emplear en una cantidad mayor de 5 ml/L de lixiviado, ya que la reacción es muy violenta y a cantidades mayores se genera gran cantidad de espuma, la cual produjo la pérdida de lixiviado debido al rebose en el vaso precipitado. Para hacer una aplicación mayor a la propuesta se debería emplear algún tipo de antiespumante y hacer los análisis correspondientes para ver como actúa el producto a una concentración mayor.
3. La segunda floculación, la cual se llevó a cabo empleando diferentes productos (PAC, policloruro de aluminio sólido y polihidroxiclорuro de aluminio), presentó mejores resultados con este último. Además, se logró una buena remoción del color y la turbiedad en la prueba donde se empleó 130 ppm. En las pruebas siguientes no se pudo reproducir este resultado debido a que las características iniciales del lixiviado no eran las mismas; a pesar de esto el polihidroxiclорuro de aluminio fue el producto que mejores resultados arrojó.
4. No fue posible disminuir la concentración o valor a de la conductividad con ninguno de los productos empleados.

Tabla 6. *Análisis de lixiviados  $FeCl_3$  + polihidroxiclорuro de aluminio*

<b>Parámetro</b>	<b>120 ppm</b>	<b>130 ppm</b>
pH	8.38	8.35
Turbiedad	61.3	64.1
Color	>550	>550

Hierro Total	6.45	7.1
Conductividad	6200	6310
Nitritos	114.4	143
Nitratos	0.58	0.71
Sulfatos	<75	>75
Cobre	0	0
DQO	689	695
Nitrógeno Amoniacal	>13.75	>13.75

Fuente: Pasante 2018.

Tabla 7. Adicional lixiviados 5 ml Cloruro férrico 50 ppm sulfato de aluminio

Parámetro	Valor (ppm)	Relleno (vivero) (ppm)
pH	6.83	6.98
Turbiedad	49.5	62.9
Color	>550	446
Hierro Total	>6.60	3.04
Cobre	1.86	0.05
Manganeso	0.24	0.11
Conductividad	15490	36.9
DBO <sub>5</sub>	385	4
DQO	467	7
OD	0	9.5
Nitrógeno Amoniacal	>13.8	0.68
Nitratos	79.2	22
Nitritos	0.4	0.15
Cloruros	>300	3.3
Sólidos suspendidos	460	350
Sólidos totales	540	430
Sulfatos	>75	20
Fosfatos	0.15	0.03
Dureza total	-	9
Alcalinidad	-	20

Fuente: Pasante 2018.

Tabla 8. Adicional Relleno Sanitario “la madera”

Parámetro	Pozo #1 (ppm)	Pozo #2 (ppm)	30 metros (ppm)	150 metros (ppm)	Filtro derecho (ppm)
pH	7.11	7.35	7.45	7.48	7.78
Turbiedad	3.44	2.71	2.85	0.98	39.8
Color	29	31	77	69	>550
Hierro Total	0.35	0.05	0.24	0.16	>3.30
Cobre	0.02	0.05	1.01	1.13	1.33
Manganeso	0.21	0.11	0.17	0.15	0.38
Conductividad	5220	311	2740	2630	9180

DBO <sub>5</sub>	94	15	94	167	129
DQO	158	21	219	179	237
OD	1.6	6.7	1.9	1.2	0
Nitrógeno Amoniacal	>13.8	0.2	>13.8	>13.8	>13.8
Nitratos	78.8	10.2	36.1	40.5	139
Nitritos	0.09	0.03	0.13	0.17	0.62
Cloruros	128	0.9	1.7	26.4	>250
SST	230	150	270	230	550
Sólidos totales	270	190	360	290	990
Sulfatos	14	2	10	18	38
Fosfatos	2.2	0.11	1.17	0.48	8.91

Fuente: Pasante 2018.

Tabla 9. Adicional análisis de lixiviados 5 ml Cloruro ferrico + Policloruro De aluminio

Parámetro	FeCl <sub>3</sub> ppm	120 ppm	130 ppm	100 ppm	110 ppm
pH	7.37	7.77	7.58	7.72	7.75
Turbiedad	86.4	11.6	18.9	24.1	22.8
Color	>550	408	>550	>550	>550
Hierro Total	12.7	0.98	2.24	1.36	1.31
Cobre	0	0	0	0	0
Manganeso	0.33	0.08	0.13	0.15	0.18
Conductividad	17520	17570	17420	17600	17750
DBO <sub>5</sub>	388	381	396	402	411
DQO	586	601	592	624	618
OD	0	0.3	0	0.1	0
Nitrógeno amoniacal	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8
Nitratos	99	47.3	90.2	49.28	52.8
Nitritos	8.25	0.69	1.74	0.99	0.75
Cloruros	>300	1.62	235	198	210
Sólidos suspendidos	250	340	420	380	400
Sólidos totales	560	390	590	460	490
Fosfatos	0.28	0	0.04	0.08	0.08
Dureza total	-	-	-	-	-
Alcalinidad	-	-	-	-	-
Aluminio	0.05	0	0	0	0
Sulfatos	>75	>75	>75	>75	>75

Fuente: Pasante 2018.

Tabla 10. Adicional lixiviados 5 ml de FeCl<sub>3</sub> + Coagulante

Parámetro	150 ppm	140 ppm	120 ppm	130 ppm
pH	7.68	7.33	7.76	7.72
Turbiedad	28.6	27.1	4.05	6.28
Color	>550	>550	348	366
Hierro Total	1.86	1.72	1.03	1.30

Cobre	0.28	0.30	0.18	0.38
Manganeso	0.18	0.21	0.04	0.03
Conductividad	17480	17620	18720	18770
DBO <sub>5</sub>	398	390	370	388
DQO	615	603	562	592
OD	0	0	0	0
Nitrógeno Amoniacal	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8
Nitratos	52.3	51.7	35.2	38.5
Nitritos	1.71	1.78	1.22	1.49
Cloruros	226	234	>400	>400
Sólidos suspendidos	530	510	290	310
Sólidos Totales	620	580	350	380
Fosfatos	0.14	0.16	0.13	0.13
Aluminio	0	0	0.19	0.24
Sulfatos	>75	>75	>75	>75

Fuente: Pasante 2018.

Tabla 11. *Adicional prueba de jarras lixiviados 5 ml FeCl<sub>3</sub> + PAC*

Parámetro	115 ppm	125 ppm	110 ppm	140 ppm
pH	7.68	7.79	7.70	7.73
Turbiedad	8.51	14.3	13.6	9.85
Color	337	384	375	306
Hierro Total	1.64	1.73	1.81	1.92
Cobre	0.24	0.33	0.36	0.40
Manganeso	0.06	0.05	0.06	0.07
Conductividad	18290	18360	18520	18730
DBO <sub>5</sub>	618	636	674	692
DQO	480	436	458	491
OD	0	0	0	0
Nitrógeno Amoniacal	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8
Nitratos	40.8	45.7	39.4	44.6
Nitritos	1.31	1.42	1.47	1.44
Cloruros	>400	>400	>400	>400
Sólidos suspendidos	460	510	560	580
Sólidos Totales	660	700	780	760
Fosfatos	0.15	0.14	0.15	0.16
Aluminio	0.15	0.17	0.18	0.19
Sulfatos	>75	>75	>75	>75

Fuente: Pasante 2018.

Tabla 12. *Adicional Relleno Sanitario, Análisis de lixiviados FeCl<sub>3</sub>+ policloruro de aluminio sólido*

Parámetro	1000 ppm	1100 ppm	1200 ppm	1300 ppm	1400 ppm
-----------	----------	----------	----------	----------	----------

pH	7.78	7.774	7.71	7.68	7.70
Turbiedad	116	114	115	105	110
Color	>550	>550	>550	>550	>550
Hierro Total	16.4	17.1	17.2	16.8	16.7
Cobre	0.13	0.11	0.11	0.10	0.12
Manganeso	0.47	0.42	0.43	0.45	0.41
Conductividad	19850	20420	19910	19240	19770
DBO <sub>5</sub>	456	438	417	462	455
DQO	654	632	627	630	624
OD	0	0	0	0	0
Nitrógeno Amoniacal	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8
Nitratos	124	118	113	116	116
Nitritos	9.32	9.26	8.94	8.78	9.16
Cloruros	>300	>300	>300	>300	>300
Sólidos Suspendidos	940	920	950	890	910
Sólidos Totales	1450	1400	1480	1390	1490
Fosfatos	0.45	0.41	0.36	0.38	0.34
Aluminio	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07
Sulfatos	>75	>75	>75	>75	>75

Fuente: Pasante 2018.

Tabla 13. *Adicional Relleno Sanitario, Análisis de lixiviados FeCl<sub>3</sub>+ policloruro de aluminio sólido*

<b>Parámetro</b>	<b>60 ppm</b>	<b>70 ppm</b>	<b>80 ppm</b>	<b>90 ppm</b>
pH	7.46	7.48	7.51	7.44
Turbiedad	74.6	77.2	78.1	80.3
Color	>550	>550	>550	>550
Hierro Total	13.6	14.1	13.2	12.9
Cobre	0	0	0	0
Manganeso	0.37	0.32	0.34	0.31
Conductividad	18430	19050	18800	18490
DBO <sub>5</sub>	325	392	407	398
DQO	624	631	628	619
OD	0	0	0	0
Nitrógeno Amoniacal	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8
Nitratos	46.2	47	47.8	45.8
Nitritos	1.55	1.46	1.45	1.41
Cloruro	>350	>350	>350	>350
Sólidos Suspendidos	510	500	470	450
Sólidos Totales	980	940	930	910
Fosfatos	0.18	0.15	0.15	0.13
Aluminio	0.18	0.21	0.19	0.16
Sulfatos	>75	>75	>75	>75

Fuente: Pasante 2018.

Tabla 14. *Adicional Relleno Sanitario, Análisis de lixiviados FeCl<sub>3</sub>+ policloruro de aluminio sólido*

Parámetro	FeCl <sub>3</sub> ppm	100 ppm	110 ppm	120 ppm	130 ppm
pH	7.50	7.54	7.52	7.55	7.50
Turbiedad	7.50	1.96	166	165	178
Color	137	>550	>550	>550	>550
Hierro Total	>550	17.1	17.5	16.9	16.7
Cobre	17.4	0	0	0	0
Manganeso	0.41	0.39	0.42	0.41	0.41
Conductividad	20100	20200	20300	20300	20400
DBO <sub>5</sub>	477	483	478	491	477
DQO	706	748	724	731	699
OD	0	0	0	0	0
Nitrógeno Amoniacal	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8	>13.8
Nitratos	50.6	51.4	50.2	50.6	52.2
Nitritos	1.63	1.67	1.63	1.58	1.62
Cloruro	>400	>400	>400	>400	>400
Sólidos Suspendidos	970	990	1010	980	990
Sólidos Totales	1250	1310	1290	1250	1300
Fosfatos	0.16	0.18	0.16	0.15	0.17
Aluminio	0.18	0.17	0.17	0.16	0.17
Sulfatos	>75	>75	>75	>75	>75

Fuente: Pasante 2018.

Tabla 15. *Adicional Relleno Sanitario “La Madera”*

Parámetro	Pozo #1 (ppm)	Pozo #2 (ppm)	30 metros (ppm)	150 metros (ppm)	Filtro derecho (ppm)
pH	6.96	7.76	7.57	7.45	7.27
Turbiedad	1.65	0.76	1.30	0.69	81.6
Color	11	13	38	33	>550
Hierro Total	0.10	0.04	0.17	0.09	11.4
Cobre	1.75	0.05	5.25	4.71	16.4
Manganeso	0.18	0.007	0.13	0.05	0.67
Conductividad	2680	350	2670	2510	8450
DBO <sub>5</sub>	56	9	78	86	185
DQO	119	17	154	183	276
OD	2.4	7.3	2.1	2.6	0.3
Nitrógeno Amoniacal	>13.8	0	8.3	2.13	>13.8
Nitratos	31.2	6.16	81.8	119.2	341.6
Nitritos	0.69	0.03	>0.99	>0.99	>0.99
Cloruros	117	1.4	2.3	24.1	>250
Sólidos Suspendidos	250	130	240	230	620
Sólidos totales	290	270	320	340	1120

Sulfatos	8	3	14	16	37
Fosfatos	0.43	0.37	>2.75	0.26	>2.75

Fuente: Pasante 2018.

## **Otras actividades realizadas durante la pasantía**

### **Vivero “san cayetano” vereda la madera**

#### **Situación actual**

Teniendo en cuenta su funcionalidad se realiza una vista al vivero San Cayetano vereda La Madera, se logró identificar distintos aspectos que interfieren en el normal funcionamiento de este, teniendo presente que es un sitio que cuenta con los equipos, herramientas, insumos y personal adecuado para implementar técnica apropiadas en la producción de especies maderables, ornamentales, frutales, hortícolas y aromáticas con alta calidad para su posterior plantación.

Actualmente se observa una falencia en el manejo y mantenimiento que recibe el vivero pues no existe un registro y control periódico por parte de los trabajadores trayendo como resultado perdida en la cuantificación de las especies existentes.

También cuenta con la presencia de suelos degradados que influyen directamente con el embellecimiento paisajístico que debe caracterizar a un vivero.

Debido a esto es necesario implementar estrategias que contribuyan a la recuperación de suelos degradados y embellecimiento paisajístico, ya que es un recurso natural que necesita un largo periodo de tiempo para su formación necesitando un cuidado y mantenimiento constante. Fortaleciendo de esta manera los procesos dinámicos en las prácticas tradicionales desarrolladas en el vivero para la producción de material vegetal que mejoran la calidad de vida de la

población aledaña y son utilizadas para el mejoramiento paisajístico y labores de compensación por parte de la empresa de servicios públicos de Ocaña ESPO S.A.

### **Generalidades**

Siendo ESPO S.A la empresa encargada de la prestación de servicios públicos domiciliarios de acueducto alcantarillado y aseo la cual busca satisfacer las necesidades de agua potable y saneamiento básico con alta calidad y continuidad, también se encuentra comprometida con mejorar el nivel de vida de la comunidad y contribuir al cuidado y preservación del medio ambiente. Aparte de prestar servicios de acueducto ya alcantarillado la empresa se compromete en realizar la disposición final de los residuos sólidos del municipio, los cuales se llevaban a cabo en un botadero a cielo abierto ubicado en esta sede. Hasta que el gobierno nacional haga un cierre general en todo el país, por el cual surge la necesidad de crear un relleno sanitario.

Por lo cual no existía, los municipios ni las empresas para desarrollar ese proyecto, el Gobierno Nacional establece un tiempo para facilitar al Municipio, la disposición final de los residuos sólidos, y por medio de celdas transitorias rige para aquellos donde la población sea menor o igual a 100.000 habitantes.

Entre el periodo 2005-2009 ESPO S.A realiza la disposición de residuos sólidos en las celdas transitorias ubicadas.

Durante este tiempo se fue estudiando el lugar adecuado para establecer el relleno sanitario. En el año 2010 comenzó a funcionar en el km vía Vereda “La Madera” donde se disponían dichos residuos.

Así mismo se creó al tiempo el vivero “San Cayetano” en un área conformada con el objetivo de producir material vegetal para la revegetalización y embellecimiento paisajístico del

Relleno Sanitario “La Madera” e implementar especies maderables y frutales que beneficien a la comunidad de la zona facilitándoles de esta manera árboles frutales para continúen sus labores en el Relleno Sanitario, sin descuidar sus labores en el campo. La creación del vivero también tiene el objetivo la producción de especies ornamentales aromáticas y especies alelopáticas con las que pudieran disponer la comunidad en general para diferentes usos.

### **Actividades de jardinería**

Donde se realizaron diferentes actividades de jardinería durante los meses abril y mayo y parte del mes de junio donde se desarrollaron las siguientes actividades:

- Riego de zonas verdes
- Mantenimiento de zonas verdes
- Poda con cuchilla en la planta El Llanito
- Limpieza Planta el llanito
- Recolección de hojarasca para la producción de compost
- Abono de plantas “jardinería”
- Almacenamiento y picado de hojas para la elaboración de compost
- Poda con guadaña
- Limpieza y recolección de residuos
- Mantenimiento y riego de zonas verdes
- Corte de limoncillos

## **Capítulo 4. Diagnóstico final**

La pasantía realizada en las instalaciones de la empresa de servicios públicos ESPO S.A, el cual consistió en determinar el producto y dosis mínima para deducir la carga contaminante presente en los lixiviados del relleno sanitario, alcanzó los resultados esperados puesto que se realizaron diferentes pruebas a diferentes muestras tomadas en distintos puntos, obteniendo así un producto y dosis mínima para minimizar dicha carga contaminante.

En cuanto a los aportes desarrollados como pasante de ESPO S.A se puede iniciar, con la obtención de información necesaria para la determinación del producto y dosis mínima, habiendo realizando diferentes pruebas para calificar su efectividad en cuanto a su reducción ante una carga contaminante en un lixiviado del relleno sanitario.

Por lo anterior, se plantea que a pesar de realizar las diferentes pruebas a los lixiviados, se hace necesario seguir investigando, el producto dosis mínima que ayude a minimizar este impacto adverso en el ambiente.

## Capítulo 5. Conclusiones

En cuanto a la revisión bibliográfica para la determinación de tratamiento de lixiviados, se logró realizar satisfactoriamente diferentes métodos en los cuales se describen cada una de las estrategias y pasos a seguir para la reducción de la carga contaminante del mismo, por ende, la revisión bibliográfica sirvió como base para poder profundizar en las diferentes pruebas realizadas.

Se logró realizar las diferentes pruebas, en donde no fue posible disminuir la concentración o el valor de la conductividad con ninguno de los productos empleados a la muestra del lixiviado.

En el empleo de cloruro férrico mostró muy buenos porcentajes de remoción, pero dicho producto no puede emplearse en una cantidad mayor a 5 ml/L, puesto que su reacción es muy violenta, por otro lado en el empleo de policloruro de aluminio sólido y polihidroxiclорuro de aluminio, presentó mejores porcentajes de remoción de color y turbiedad donde se empleó 130 ppm, resaltando que el polihidroxiclорuro de aluminio fue el producto que mejores resultados arrojó.

Por último, se realizaron pruebas en las que se le aplicó ácido clorhídrico y amoníaco a los lixiviados, con el objeto de bajar y subir respectivamente el pH y determinar cómo se comportaba el lixiviado y si era posible disminuir el valor de la conductividad; esto no fue posible y en cambio los resultados fueron idénticos para todas las jarras de lixiviados analizadas.

## Capítulo 6. Recomendaciones

Se sugiere que este trabajo modalidad pasantía sea de apoyo para cada uno de los pasantes futuros y partes interesadas los cuales permitan profundizar en el tema aplicado, principalmente en el muestreo con otros productos diferentes para reducir la carga contaminante del lixiviado.

Se recomienda que para la implementación de un sistema de tratamiento, se le efectúen pruebas de control periódicas a los lixiviados generados, ya que sus características fisicoquímicas varían continuamente y por lo tanto la dosificación del polihidroxiclورو de aluminio varia, y por ende se hace necesario la realización de pruebas de jarra para determinar la dosificación óptima y poder reducir el color y la turbiedad entre otros parámetros.

Por último, se sugiere, actualizar los datos arrojados en este estudio, donde se enfatizen las condiciones establecidas.

## Referencias

- Degremont. (25 de 08 de 2018). *Cogulación y floculación del agua*. Obtenido de [http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/coagulacion\\_floculacion\\_agua.pdf](http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/coagulacion_floculacion_agua.pdf)
- IDEAM. (2017). *METODOLOGIA PARA LA EVALUACION APROXIMADA DE LA CARGA CONTAMINANTE* . Obtenido de [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021117/Carga\\_Organica.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021117/Carga_Organica.pdf)
- Lenntec. (25 de 08 de 2019). *Conductividad del agua*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/aplicaciones/ultrapura/conductividad/conductividad-agua.htm>
- León, W. (28 de 09 de 2012). *Análisis físicos químico y bacteriológico de aguas*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/welserle/analisis-fisicos-quimico-y-bacteriologico-de-aguas>
- Ministerio de Salud. (1997). *Disposición correcta de la basura: El relleno sanitario*. Obtenido de <https://www.binasss.sa.cr/poblacion/rellenosanitario.htm>
- UAESP. (25 de 08 de 2019). *Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos*. Obtenido de Lixiviado: <http://www.uaesp.gov.co/transparencia/informacion-interes/glosario/lixiviado>

## Apéndices

### Apéndice A. Evidencias fotográficas de muestras de laboratorio





