

**IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE USO AMBIENTAL DE LOS
LADOS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LA
LLANA – CAMPO 23, SUPERINTENDENCIA LA CIRA INFANTAS,
ECOPETROL**

**KATHERINE ZAMBRANO MEDINA
EDGAR MAURICIO GALVIS VELÁSQUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2012

**IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE USO AMBIENTAL DE LOS
LADOS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LA
LLANA – CAMPO 23, SUPERINTENDENCIA LA CIRA INFANTAS,
ECOPETROL**

**KATHERINE ZAMBRANO MEDINA
EDGAR MAURICIO GALVIS VELÁSQUEZ**

Monografía para optar el título de
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Director:
SERGIO AUGUSTO GUERRA
Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2012

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos:

A Dios, por darnos la vida, la salud, y el privilegio de poder estudiar y ascender Académicamente como profesional cultivando el valor del Altruismo en el campo Ambiental y realizar el presente trabajo, como Especialistas en Ingeniería Ambiental.

A nuestras familias quienes nos han brindado un apoyo incondicional a lo largo de la Especialización.

A la Universidad Industrial de Santander nuestra Alma Mater, por abrirnos las puertas y habernos dado la oportunidad de formarnos como Especialista.

A los docentes del Programa de Especialización en Ingeniería Ambiental y especialmente al ingeniero Crisóstomo Barajas Ferreira, quienes nos brindaron las bases a aplicar en el Campo Ambiental.

*Al Profesor, **SERGIO AUGUSTO GUERRA**, quien nos asesoró constantemente con sus conocimientos y nos apoyó en la elaboración de esta Monografía.*

*Al Profesor, **LUIS BERNARDO TORRES**, por su asesoría en el análisis de los resultados de laboratorio y recomendaciones para el uso o aplicación de los lodos en*
suelos.

DEDICATORIA

*La presente **MONOGRAFÍA** la dedicaremos primero a Dios por darnos el privilegio de haber iniciado y culminado satisfactoriamente la Especialización en Ingeniería Ambiental, y desempeñarnos como Profesionales en el sector Medio Ambiental, a nuestras Familias por el apoyo que nos brindaron y las palabras tan alentadoras que inyectaron energía y ánimo para continuar nuestros estudios de posgrado.*

Agradecemos también, a los Profesores y Coordinador de la Escuela de Ingeniería Química, que cada día en cada clase nos transmitieron sus conocimientos, nos mostraron el camino, y nos dieron las bases que hoy son nuestra carta de Presentación.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.1 DESCRIPCIÓN.....	19
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
2. JUSTIFICACIÓN.....	22
3. MARCO DE REFERENCIA.....	23
3.1 MARCO GEOGRÁFICO.....	23
3.2 MARCO HISTÓRICO.....	24
3.3 MARCO CONCEPTUAL.....	26
3.3.1 Tratamiento de Aguas.....	26
3.3.1.1 La bocatoma del campo 50.....	27
3.3.1.2 Planta de Tratamiento de agua.....	28
3.3.1.3 Sala de Bombas.....	28
3.3.2 Tratamiento de Residuos - Lodos.....	29
3.3.3 Lodos o fangos Activados.....	34
3.3.4 Lodos y lodos activos.....	39
3.4 MARCO LEGAL.....	40
4. DISEÑO DE INVESTIGACION.....	42
4.1. HIPÓTESIS.....	42
4.2 VARIABLE.....	42
4.3 ENFOQUE.....	43
4.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	43
4.5 TIPO DE DISEÑO.....	43
4.6 METODOLOGÍA.....	44

4.7 PROCEDIMIENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	44
5. RECOLECCIÓN DE DATOS	52
5.1 DETECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	52
5.1.1 Fuentes de Información Primaria.....	52
5.1.2 Fuentes de Información Secundaria	52
5.1.3 Fuentes de Información Terciaria	52
5.2 PLAN DE OBSERVACIÓN	53
6. ANÁLISIS DE DATOS	54
6.1 DATOS RECOLECTADOS EN LA VISITA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LA LLANA - CAMPO 23.....	54
6.1.1 Metodología	54
6.1.1.1 Recorrido por las instalaciones de la Planta	54
6.1.1.2 Zonas de interés (almacenamiento y evacuación o descarga de lodos)....	59
6.1.1.3 Recolección de muestra de lodos	61
6.2 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LOS LODOS RESIDUALES.....	62
6.2.1 INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE LOS LODOS.....	62
6.2.2 EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE LOS LODOS	65
7. ALTERNATIVAS AMBIENTALES DE USO DE LOS LODOS RESIDUALES	66
7.1 Alternativa No. 1 Los Zodmes.....	66
7.1.1 Programa para la Construcción del Zodme.....	68
7.2 Alternativa No. 2 Piscinas para la Disposición de Lodos	74
7.2.1 Espesado de lodos	74
7.2.2 Digestión de los lodos	74
7.2.3 Deshidratación de lodos.....	75
7.2.4 Etapa de la Construcción	75
7.2.5 Cierre de la Piscina y uso Ambiental	77
7.3 Alternativa N 3 Reducción volumen de lodo y Recuperación del Aluminio	77
7.3.1 Reducción del volumen de lodo	78

7.3.1.1 Acondicionamiento químico	78
7.3.1.2 Espesamiento	79
7.3.1.3 Deshidratación	82
7.3.1.3.1 Filtros prensa	83
7.3.1.3.2 Filtros banda	83
7.3.1.3.3 Centrifugación	84
7.3.2 Recuperación del aluminio.....	87
7.3.2.1 Uso del aluminio recuperado como coagulante	88
7.4 Alternativa No. 4 Mejorador de suelos (silvicultura) y compost.....	89
7.4.1 Mejorador de suelos	89
7.4.2 Silvicultura.....	90
7.4.3 Compost.....	91
8. CONCLUSIONES	94
9. RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFÍA.....	96
ANEXOS.....	100

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura No. 1 Localización geográfica del Campo La Cira - Infantas.	24
Figura No. 2 Planta de tratamiento de agua La Llana.....	27
Figura No. 3 Zona de almacenamiento de coagulante	54
Figura No. 4 Bombas dosificadoras de coagulante.....	55
Figura No. 5 Zona de aireación de agua cruda.....	56
Figura No. 6. Decantadores.	56
Figura No. 7. Zona de filtros	57
Figura No. 8. Salida de agua filtrada.....	58
Figura No. 9 Tanques de almacenamiento de agua potable – lavado de filtros. ...	58
Figura No. 10 Lodos presentes en los decantadores.....	59
Figura No. 11 Lodos retenidos en los filtros.....	59
Figura No. 12. Válvulas para purga de lodos: laterales, fondos y campanas – decantador No. 1.	60
Figura No. 13 Válvulas para purga de lodos: laterales, fondos y campanas – decantador No. 2.	60
Figura No. 14 Recolección de muestra de lodos del decantador No. 1.	61
Figura No. 15 Recolección de muestra de lodos presentes en los filtros.....	62
Figura No. 16 Disposición de Lodos en el Zodme	68
Figura No. 17 Diseño de un Zodme	70
Figura No. 18 Actividades de Tala y descapota para la Adecuación del Zodme ..	73
Figura No. 19 Adecuación del terreno para el Zodme	73
Figura No. 20 Áreas del Zodme Recuperada Ambientalmente.....	74
Figura No. 21 Esquema del mecanismo de concentración de lodos	80
Figura No. 22 Esquema de concentración de lodos por flotación.....	81
Figura No. 23 Esquema de un Filtro prensa	83
Figura No. 24 Esquema general de un filtro banda.....	84

Figura No. 25 Esquema general de un filtro banda.....85
Figura No. 26 Esquema general de un filtro banda.....86

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla No. 1 Características de los lodos de las Sales de Aluminio	31
Tabla No. 2 Características de lodos de Ablandamiento.	32
Tabla No. 3 Características de las Aguas de lavado de filtros.....	32
Tabla No. 4 Características de las Salmueras de Regeneración.....	33
Tabla No. 5 Variables	42
Tabla No. 6 Rangos de Magnitud	46
Tabla No. 7 Rangos de extensión.....	47
Tabla No. 8 Rangos de duración	47
Tabla No. 9 Rangos de la reversibilidad	48
Tabla No. 10 Rangos de la Recuperabilidad	48
Tabla No. 11 Rangos de acumulación	49
Tabla No. 12 Importancia de los impactos ambientales.....	50
Tabla No. 13 Probabilidad de ocurrencia del impacto.....	51
Tabla No. 14 Evaluación final de evaluación de impactos	51
Tabla No. 15 Resultados de análisis de lodos	62
Tabla No. 16 Tabla de Fertilidad de los lodos.....	65
Tabla No. 17 Alternativas de tratamiento y disposición de lodos de plantas potabilizadoras. ^[5]	78

TITULO: IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE USO AMBIENTAL DE LOS LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LA LLANA – CAMPO 23, SUPERINTENDENCIA LA CIRA INFANTAS, ECOPETROL

AUTOR: KATHERINE ZAMBRANO MEDINA
EDGAR MAURICIO GALVIS VELÁSQUEZ

PALABRAS CLAVES: Lodos residuales, potabilización, contaminación, impacto ambiental, aireación, espesamiento, acidificación, recuperación de suelos.

CONTENIDO:

Este trabajo se realizó con el fin de sugerir la(s) mejor(es) alternativa(s) de uso ambiental de los lodos procedentes del proceso de potabilización en la Planta de Tratamiento de Aguas La Llana – Campo 23, Superintendencia La Cira - Infantas, ECOPETROL S.A, en aras de minimizar su grado de contaminación y el impacto ambiental generado por ellos. La Planta La Llana está ubicada a 25 Km al SE de la ciudad de Barrancabermeja y a 250 Km al NW de la ciudad de Bogotá. Los parámetros analizados en los lodos fueron: pH, aluminio (porcentaje de saturación), fósforo y potasio, bases totales intercambiables y capacidad de intercambio catiónico, con el fin de evaluar su nivel de fertilidad. Los lodos presentes en las aguas de lavado de filtros (con contenido de agua mayor del 93%), es recomendable recircularlos al proceso o tratamiento, antes de la zona de aireación junto con el agua cruda proveniente del río y no retornados nuevamente a la fuente hídrica como se hace en la actualidad, con permiso otorgado por la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). Los lodos almacenados en el decantador, debido a su alto contenido de agua (cerca al 90%), es necesario someterlos a los procesos de espesamiento y acidificación, para la reducción de hasta un 97% de su volumen y la recuperación del aluminio. Para finalmente ser empleados en actividades agrícolas, de jardinería, en campos deportivos y en la recuperación de suelos deteriorados, entre otros usos.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director: Dr. Sergio Augusto Guerra.

TITLE: IDENTIFICATION OF ALTERNATIVE ENVIRONMENTAL USES TO MUDS AT WATER TREATMENT PLANT LA LLANA – FIELD 23, SUPERINTENDENT LA CIRA – INFANTAS, ECOPETROL

AUTHOR: KATHERINE ZAMBRANO MEDINA
EDGAR MAURICIO GALVIS VELÁSQUEZ

KEY WORDS: Muds, water treatment, pollution, environmental impact, aeration, thickening, acidification, soil remediation.

CONTENT:

This research was done in order to suggest the best alternative for the environmental use of muds from the treatment process at the Water Treatment Plant La Llana - Field 23, Superintendent La Cira - Infantas, Ecopetrol S.A, in order to minimize the extent of contamination and the environmental impact caused by it. The Plant La Llana is situated to twenty-five kilometers to South East of Barrancabermeja city and to two hundred and fifty kilometers to North West of Bogota city. The parameters analyzed in the muds were: pH, aluminum (saturation percentage), phosphorus and potassium, full exchange bases and cation exchange capacity, with the end of to evaluate your fertility level. It is advisable to recirculate the muds presented in the washings of filters (with water content greater than 93%), to the process or treatment before the aeration zone, together with the raw water from the river and do not return it back to the source water as it is done in the present with permission granted by the Regional Autonomous Corporation of Santander (CAS). The mud stored in the decanter, because of its high water content (near 90%); it is needed to undergo the processes of thickening and acidification, for reduction of up to 97% by volume and recovery of aluminum. Finally to use it in farming, gardening, sports fields and in the recovery of degraded soils, among other uses.

* **Work Degree**

** **Faculty of de Physico-chemical Engineering. School of Chemical Engineering. Environmental Engineer Specialist. Directress: Dr. Sergio Augusto Guerra.**

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

“Identificación de las alternativas de uso ambiental de los lodos residuales de la PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LA LLANA – CAMPO 23, SUPERINTENDENCIA LA CIRA INFANTAS, ECOPETROL”

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Identificar las fuentes generadoras de los lodos residuales del proceso de Potabilización de Agua, con la finalidad de conocer su disposición final.
- ❖ Realizar el diagnóstico del grado de Contaminación Ambiental, a partir de la caracterización fisicoquímica de los lodos residuales de la planta.
- ❖ Identificar las prácticas de uso actual de los lodos residuales y el grado de contaminación actual.
- ❖ Identificar los impactos ambientales generados en los usos actuales de los lodos residuales y analizar la implementación de los controles.
- ❖ Priorizar las mejores opciones de alternativas de uso de los lodos residuales para el Medio Ambiente.
- ❖ Hacer las recomendaciones sobre la(s) alternativa(s) que puede(n) resultar más favorable(s), aplicable(s) y rentable(s) en el uso de los lodos residuales para el medio ambiente.
- ❖ Exponer los beneficios que ofrece al Medio Ambiente, los usos Ambientales de los lodos residuales.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo identificar las diferentes alternativas de uso ambiental de los lodos residuales procedentes de la Planta de Tratamiento de Aguas La Llana en Campo 23 – Santander. Conocer los impactos ambientales que se generan por una disposición inadecuada y los problemas sociales y económicos que esto puede llevar. De manera que permitirá, en primer lugar, tener una mayor objetividad en el planteamiento de alternativas y metodologías tendientes a disminuir el impacto sobre el Medio Ambiente y en segundo lugar contribuir al Desarrollo Sostenible en la Región.

El enfoque de este trabajo de grado contribuye a la preservación del **Medio Ambiente**, pues en él se expondrán las fuentes generadoras de los lodos residuales conforme al tratamiento de agua realizado, la disposición actual de los mismos, los análisis de los monitoreos de parámetros, los agentes contaminantes de acuerdo a su contenido y los parámetros según la legislación colombiana. Por lo tanto, iremos más allá de solo verificar la disposición actual, pues como futuros **Especialistas en Ingeniería Ambiental** estudiaremos las soluciones y la identificación de alternativas de uso, recomendando acciones tendientes a disminuir el grado de contaminación y los efectos negativos al medio ambiente.

Para nosotros es gratificante y además necesario, sembrar y cultivar la semilla de la **Ingeniería Ambiental**, en un sector que conoce y aplica las normas legales exigidas por las Autoridades Ambientales, evidenciando que suministran los recursos y la tecnología necesaria para la Conservación del Medio Ambiente.

Esperamos que la Presente Monografía cumpla con los requerimientos y expectativas del Jurado Calificador de Proyectos de Grado del Programa de Posgrado de Ingeniería Ambiental.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN

A comienzos del siglo XX con el surgimiento de los procesos de tratamiento de las aguas servidas y la consecuente generación de grandes volúmenes de lodo, el manejo de los lodos ha evolucionado durante los últimos 50 años en la búsqueda de alternativas para la disminución de sus costos de tratamiento y disposición final, los que hoy representan el 50% del costo total del tratamiento de aguas.

En la actualidad, los estudios se han enfocado hacia la búsqueda de alternativas para la transformación del lodo en un material útil para ser dispuesto en el suelo, debido principalmente a que cada vez son menores las áreas aptas para la construcción de sitios de disposición final, a los problemas asociados a la contaminación atmosférica generada por la incineración de estos residuos y a que los métodos tradicionales de manejo de los lodos son cada vez más complejos y costosos.

Un aspecto muy importante en el abastecimiento de agua es garantizar tanto cantidad como calidad del agua que se entrega al consumidor final. Las últimas tendencias en este sector están orientadas al desarrollo y aplicación de metodologías para la identificación, evaluación y control de los riesgos que se presentan en un sistema de abastecimiento de agua, así como a la formulación de programas de vigilancia y control de la calidad del agua potable.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En todas las plantas de tratamiento (bien sean de potabilización o de aguas residuales) en Colombia y en el mundo se generan unos lodos o residuos sólidos

que deben ser dispuestos en forma adecuada para minimizar su impacto en el medio ambiente. Dichos lodos pueden ser considerados residuos sólidos especiales, RSE,¹ ya sea porque su contenido de compuestos químicos de interés sanitario o patógeno está por encima de los valores recomendados por la legislación internacional o local, o porque las cantidades generadas requieren de un manejo especial por las empresas prestadoras del servicio de aseo.

Actualmente, dichos lodos son dispuestos en su mayoría en rellenos sanitarios o simplemente vertidos a la fuente hídrica o al sistema de alcantarillado, que conduce aguas residuales tanto domésticas como industriales. En algunas ciudades, los lodos generados actualmente están siendo dispuestos en forma provisional para recuperación de terrenos degradados, ya que la entidad ambiental no otorga el permiso para disponerlos en rellenos sanitarios.

Debido a los altos costos incurridos en el transporte hasta los sitios de disposición final, actualmente se realizan ensayos a escala piloto con Universidades locales para el seguimiento del potencial uso de este lodo para compostaje y posterior aplicación en agricultura y para revegetalización de suelos degradados.

La intención de este trabajo es ilustrar las diferentes alternativas de uso, manejo y disposición final de estos lodos residuales y sugerir la mejor o que mejor se acondicione o ajuste a las necesidades del cliente.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Por ello se pretenderá responder los siguientes interrogantes que representa el problema de investigación:

¹ Decreto 605/96

- ❖ *¿Cuáles son las alternativas de uso ambiental que se pueden dar al lodo residual procedente del proceso de potabilización de agua en la Planta La Llana – Campo 23?*
- ❖ *¿Cuál es el grado de contaminación al medio ambiente ocasionado por los lodos residuales?*
- ❖ *¿Cuál es el impacto ambiental generado por el inadecuado manejo y disposición final de los lodos residuales?*

2. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo se justifica, porque existe la necesidad de gestionar e implementar las alternativas de uso de los lodos residuales procedentes de los tratamientos de Agua, cumpliendo con la legislación ambiental correspondiente para la Administración de la Gestión Ambiental, en aras de la preservación los Recursos Naturales y disminución de la contaminación generada por dichos residuos.

Este problema se ve agravado; por inexistencia de infraestructura física, la falta de espacio y un estudio detallado de factibilidad de las diferentes alternativas de disposición final de los lodos residuales para conseguir la implementación de un Programa para la Reutilización de Lodos Residuales de Plantas de Potabilización. Es imposible dejar a un lado los costos (manejo y transporte) que estas alternativas de uso generan.

Por la facilidad y autorización de la autoridad ambiental (Corporación Autónoma Regional – CAS), la planta ha vertido estos residuos sólidos (procedentes de las operaciones de decantación y de lavado de filtros) nuevamente al río, como una forma de devolver parte del recurso agua que se está captando.

Como se puede apreciar, existe una gran relación de causalidad y jerarquía en la formulación de las Programas de uso de Residuos en la Ingeniería Ambiental, tanto para las empresas de tratamiento de Agua, como para la Autoridad Ambiental.

Por lo tanto, es de gran importancia realizar este trabajo para dar a conocer la Alternativas y métodos de uso de los lodos residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas La Llana – Campo 23. Además obtendremos como recompensa el haber sembrado la semilla de la Ingeniería Ambiental en un campo no conocido.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 MARCO GEOGRÁFICO

Santander, Departamento de Colombia está situado al noreste del país en la región andina, entre los 05°42'34" y 08°07'58" de latitud norte, y los 72°26' y 74°32' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 30537 km² lo que representa el 2,7% del territorio. Limita por el Norte con los departamentos de Cesar y Norte de Santander, por el Este y por el Sur con el departamento de Boyacá y por el Oeste con el río Magdalena que lo separa de los departamentos de Antioquia y Bolívar.

Barrancabermeja, municipio de Santander y de Colombia, ubicada en el departamento de Santander. Es sede de la refinería de petróleo más grande del país y es la capital de la Provincia de Mares. Está ubicada a 120 km al occidente de Bucaramanga, a orillas del Río Magdalena, en la región del Magdalena Medio, de la cual es el municipio más importante y segunda en todo el departamento. Fue fundada en el año 1536.

La Planta de Tratamiento de Aguas La Llana se encuentra ubicada en El campo La Cira - Infantas, el cual se encuentra ubicado en la parte central de la antigua Concesión De Mares, en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena, a una distancia aproximada de 25 km. al SE de la ciudad de Barrancabermeja y a 250 km. al NW de Bogotá. El área Cira - Este está localizada al Nororiente del Campo La Cira - Infantas y tiene una extensión de aproximadamente veinte (20) Kilómetros cuadrados (2000 Hectáreas) (Figura 1). ^[1]

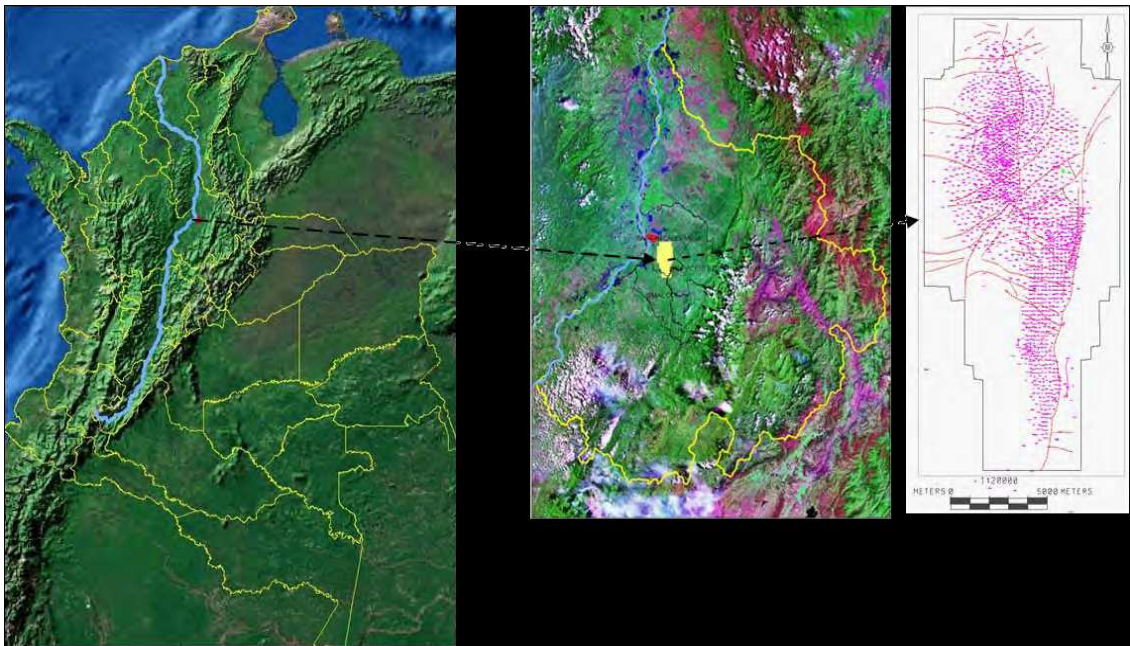


Figura No. 1 Localización geográfica del Campo La Cira - Infantas.

Fuente: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4349/1/cesaraugustorojassuarez.2011.parte1.pdf>

3.2 MARCO HISTÓRICO

Desde el despertar de la humanidad y con la aparición de los primeros asentamientos humanos como forma de organización social, el hombre ha dependido del más preciado líquido que llamamos agua para su segura subsistencia, razón por la que siempre se ubicó cerca de los mares y ríos.

Hoy día esta conducta se repite pues es inconcebible la existencia de los seres organizados sin el concurso del Agua. Desafortunadamente el hombre ha dado mal uso a este recurso natural y con sus conductas equivocadas está poniendo en peligro su misma existencia, sin ninguna responsabilidad se ha dedicado a contaminar ríos y mares con desechos industriales y a la tala indiscriminada de bosques, los cuales son los protectores de las quebradas y ríos. Ahora bien, sin los correctivos oportunos el panorama se tornara cada vez más grave, desde ya

comunidades en el mundo entero no tienen acceso al servicio regular de agua potable y en el inmediato mañana el agua será disputada como un valioso tesoro. Cada vez más el hombre está recurriendo al reciclaje de las aguas de desecho, pero su tratamiento es costoso, razón que la pone fuera del alcance de los pueblos pobres.

Cuando la Tropical Oil Company (TROCO), comenzó a explotar petróleo de la concesión de Mares, construyó una primera Planta de Tratamiento de Agua (donde está hoy ubicado el Batallón del ejército de Campo 23), para suplir las necesidades de agua de sus operaciones industriales y habitacionales, uno de los factores que motivaron su construcción en la zona es la presencia de varios afluentes de agua de gran caudal. A comienzos de la década de los 60' ECOPEPETROL, ya a cargo de la concesión de Mares, decidió iniciar un proceso de recuperación secundaria de crudo en la formación La Cira, para ello necesitaba una nueva Planta de Tratamiento que supliera las necesidades de agua para el sistema de inyección, construyendo muy cerca de la antigua planta, la que hoy conocemos como la "Planta de Tratamiento de Agua La Llana - Campo 23". Las obras finalizaron en 1969 con la entrega por parte de la multinacional francesa Degremont, con instalaciones diseñadas para tratar 39700 m³ (249,00 BPD) de agua cruda.

En la actualidad la planta trata un promedio diario de 200000 BPD, distribuidos en promedio en 50000 BPD de agua potable y en 150000 BPD de agua industrial; volúmenes necesarios para las operaciones de las diferentes plantas ubicadas en El Centro y suministro de agua potable a la comunidad del Centro y diferentes campos. ^[2]

3.3 MARCO CONCEPTUAL

3.3.1 Tratamiento de Aguas.

El acceso al agua potable es fundamental para la salud, uno de los derechos humanos básicos y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud. Se calcula que cada persona consume 200 litros diarios para satisfacer necesidades propias como la limpieza, preparación de alimentos y necesidades fisiológicas.

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA

El sistema de tratamiento de agua, está conformado por la bocatoma del campo 50, la planta de tratamiento de agua, la sala de bombas y la caseta auxiliar. La bocatoma se encuentra ubicada estratégicamente en el campo 50 aquí se succiona el agua cruda del río La Llana y se bombea hasta la planta de tratamiento de aguas, para que sea acondicionada en cuanto a sus características físico-químicas; luego de ser tratada, el agua es enviada por gravedad a los tanques de almacenamiento ubicados en la sala de bombas, de ahí es bombeada a través de dos líneas de conducción, cumpliendo la demanda de agua potable y de agua industrial.

Generalmente el proceso inicia en la bocatoma del campo 50 con el bombeo de agua hacia la planta de tratamiento, luego la recepción del agua en los tanques de la sala de bombas y por último el bombeo del agua potable e industrial.



Figura No. 2 Planta de tratamiento de agua La Llana.

Fuente: Ecopetrol S.A

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La planta está conformada por cuatro (4) secciones que son: La bocatoma del campo 50, la planta de tratamiento de agua, la sala de bombas y la caseta auxiliar.

3.3.1.1 La bocatoma del campo 50

En la bocatoma se encuentran el área de proceso y el cuarto de control.

- Área de proceso: Es el área en la cual se lleva a cabo el proceso de bombeo del agua cruda para la planta de tratamiento.
- Cuarto de control: Es el cuarto donde se encuentran los controles de los equipos allí presentes.

3.3.1.2 Planta de Tratamiento de agua

En el interior de la planta se encuentran distribuidas las diferentes áreas de proceso e instalaciones físicas, tales como el área de proceso general, áreas verdes y el área carreteable.

- Área de proceso: Es el área en la cual se lleva a cabo el proceso de tratamiento de agua. El área de proceso está compuesta por la sala de cubas, los decantadores y el cuarto de control y monitoreo de los equipos de la planta en general.
- Áreas verdes: Zona cubierta con prado, con espesor aproximado de 10 centímetros. Esta área cubre casi un 40% de la planta y está distribuida alrededor del área de proceso.
- Área carreteable: Área distinguida por vías en concreto dentro de la planta, y por carretera en emulsión asfáltica alrededor del área de proceso.

3.3.1.3 Sala de Bombas

En la sala de bombas se encuentran distribuidas las diferentes áreas de proceso e instalaciones físicas, tales como el área de proceso general, áreas verdes y el área carreteable.

- Área de proceso: Es el área en la cual se lleva a cabo el bombeo de agua potable e industrial. El área de proceso está compuesta por la sala de bombas, el cuarto de control y la zona de cloración.
- Áreas verdes: Zona cubierta con prado, con espesor aproximado de 10 centímetros. Esta área cubre casi un 50% de la planta y está distribuida alrededor del área de proceso.

- Área carreteable: Área distinguida por vías en emulsión asfáltica dentro de la planta. ^[2]

3.3.2 Tratamiento de Residuos - Lodos

Lodos producidos en el Tratamiento de Agua Potable: Anteriormente las estaciones de tratamiento de agua potable sólo se preocupaban por la producción de agua apta para el consumo, dejando a un lado el estudio de los lodos que se producían, tanto en los sedimentadores como en el lavado de los filtros, ya que se asumía que estos lodos sólo estaban formados por las sustancias que ya llevaban las aguas naturales, generalmente sustancias inorgánicas como arcillas, arenas o limos, que no causan ninguna alteración en el cuerpo de agua donde eran descargados. (Ramírez, 2008).

Sin embargo, actualmente es bien conocido que las aguas naturales se han ido degradando por varias circunstancias, así como también ha aumentado el interés de conservar el ambiente y la normativa legal medioambiental y legislativa se ha hecho más exigente, lo que conlleva a que se construyan plantas de tratamiento de estos lodos con el objetivo de extraer el material sólido para obtener efluentes que puedan ser vertidos al cauce sin causar ninguna reacción desfavorable, o también ser enviados al comienzo del tratamiento de la potabilizadora (Ramírez, 2008).

Cuando se realiza el tratamiento del agua para el consumo humano, las sustancias en suspensión, sustancias disueltas, los residuos de los coagulantes y otros reactivos son separados quedando así un residuo de naturaleza diferente, dependiendo de las operaciones y procesos que se describen a continuación:

- **Sedimentación Simple:** En algunas plantas se utilizan tanques de sedimentación de aguas cruda, sin coagulación previa, para remover arena fina, limos, arcilla y residuos orgánicos vegetales. El material sedimentado puede ser removido continua y esporádicamente.
- **Remoción de Hierro y Manganeso:** En las plantas de remoción de Hierro y Manganeso, los lodos están constituidos principalmente por los precipitados de Hidróxido Férrico y Óxido Mangánico. Generalmente, el volumen de estos sólidos es menor que el que se obtiene de plantas convencionales de coagulación.
- **Coagulación Química:** los residuos de la coagulación química están constituidos, básicamente, por el lodo de los sedimentadores. El lodo está compuesto por los precipitados de aluminio y de hierro, provenientes del uso de alumbre o de sales de hierro como coagulante, así como por el material orgánico e inorgánico removido, arena, limo, arcilla, polímeros o ayudas de coagulación usados, y por el agua de arrastre utilizada para su transporte. Generalmente, los lodos de los sedimentadores de agua coagulada son estables, no se descomponen rápido ni causan problemas de septicidad.
- **Ablandamiento por precipitación:** el ablandamiento con Cal y Soda, produce un residuo de Carbonato de Calcio, Hidróxido de Magnesio y Cal no reactiva. Además, como en algunas plantas de ablandamiento también se usa Coagulación, se produce un residuo de Hidróxido de Aluminio o de Hierro. En general, estos lodos son estables, densos, e inertes.
- **Adsorción:** en plantas de purificación de agua con problemas de olores y sabores, el carbón activado usado para su tratamiento contribuye a aumentar la cantidad de sólidos de los cuales hay que disponer. Aunque

este aporte es pequeño en cantidad, puede ser importante por su contribución a la DQO del lodo.

- Lavado de Filtros: produce un lodo o agua residual de concentración baja de sólidos. Esta cantidad puede ser del orden del 2% al 6% del agua filtrada y los sólidos son los retenidos en el filtro durante la carrera de filtración. La porción de sólidos retenidos en el filtro depende del tipo de pretratamiento y del tipo de filtro.
- Intercambio Iónico: en general, en este tipo de procesos el residuo más importante lo constituye la salmuera de Cloruro de Sodio, Calcio y Magnesio, proveniente de la operación de regeneración de las resinas de ablandamiento (Romero, 1999).

Dependiendo de estos procesos los lodos tendrán características diferentes:

- Lodos de Sales de Aluminio: este lodo es viscoso y coloidal, y por esto se hace difícil de manejar y secar. Algunas características de estos lodos se presentan en la Tabla 1, siendo válidas para los lodos de policloruro de aluminio.

Tabla No. 1 Características de los lodos de las Sales de Aluminio

Parámetro	Rango
pH	6 - 8
DBO _{5,20}	30 - 300 mg/L
DQO	30 - 5000 mg/L
Sólidos	1% - 2%
Color	Gris a Carmelita
Olor	Inodoro
Volumen	20 - 50 L/m ³
Conteo Bacteriano	Alto
Sedimentabilidad	50% en 8 horas
Secado	2 días en lechos de arena, 10% de sólidos

Fuente: http://biblioteca.unet.edu.ve/db/alexandr/db/bcunet/edocs/TEUNET/2010/pregrado/Ambiental/ZambranoCh_Paola/Capitulo2.pdf.

- Lodos de Polímeros: estos se secan fácilmente y su volumen es menor que el de los lodos de coagulantes convencionales.
- Lodos de ablandamiento de precipitación: cuando se usa ablandamiento con cal puede contener compuestos de hierro, aluminio, magnesio y calcio. Algunas de las características se muestran en la Tabla 2.

Tabla No. 2 Características de lodos de Ablandamiento.

Parámetro	Rango
Sólidos	2% - 15%
DBO _{5,20}	Muy Baja
DQO	Baja
Color	Blanco
Olor	Inodoro
Conteo Bacteriano	Bajo
Sedimentabilidad	50% en 1 semana
Secado	Lento en lagunas para 50% de sólidos

Fuente: http://biblioteca.unet.edu.ve/db/alexandr/db/bcunet/edocs/TEUNET/2010/pregrado/Ambiental/ZambranoCh_Paola/Capitulo2.pdf

- Aguas de lavado de filtros: las características principales de las aguas de lavados de filtros se muestran en la Tabla 3.

Tabla No. 3 Características de las Aguas de lavado de filtros.

Parámetro	Rango
Sólidos suspendidos	0,01% - 0,1%
DBO _{5,20}	2 - 10 mg/L
DQO	28 - 160 mg/L
pH	6,9 - 7,8
Color	Gris, Carmelita, Negro
Olor	Inodoro
Conteo Bacteriano	Alto
Sedimentabilidad	80% de 2 a 24 horas
Secado	Requieren Coagulación y Sedimentación.

Fuente: http://biblioteca.unet.edu.ve/db/alexandr/db/bcunet/edocs/TEUNET/2010/pregrado/Ambiental/ZambranoCh_Paola/Capitulo2.pdf

- Salmueras usadas: algunas características de salmueras de regeneración de intercambiadores de ablandamiento se muestran en la Tabla 4.

Tabla No. 4 Características de las Salmueras de Regeneración.

Elemento	Valor (mg/L)
Na ⁺ K ⁺	3300
Ca ⁺²	1720
Mg ⁺²	600
Cl ⁻	9600
(SO ₄) ⁻²	328
SDT	15656

Fuente: http://biblioteca.unet.edu.ve/db/alexandr/db/bcunet/edocs/TEUNET/2010/pregrado/Ambient al/ZambranoCh_Paola/Capitulo2.pdf

Los lodos que se producen en los sedimentadores constituyen entre el 60% y el 70% de los sólidos totales y en los filtros entre el 30% y 40%. Sin embargo, en las plantas que remueven hierro y manganeso, los filtros retienen la mayoría de los lodos (50 - 90%). Los Poli electrolitos tienden a reducir el Volumen de esos lodos. (Arboleda, 2000). Es necesario distinguir entre:

- Los lodos líquidos, que involucran el agua de arrastre.
- Los lodos concentrados, a los que se les ha sacado, por sedimentación u otro método similar, buena parte del agua de arrastre.
- Los lodos semisolidificados, que son los mismos concentrados pero a los que se les ha extraído aun más la humedad. (Arboleda, 2000).

El volumen de los lodos líquidos puede estimarse así: los sedimentadores producen entre el 2% y el 4% del caudal que se procesa y los filtros entre 1% y 2% del mismo. En total el flujo de lodos de una planta no debe ser mayor en promedio de 5%, pero hay casos en que es mayor. Esto quiere decir que por cada m³ / s que se procesa podría estimarse un flujo de lodos líquido de 50 L / s, es decir, de 43220 L / d (Arboleda, 2000).

Entre las consideraciones ambientales relacionadas al manejo y disposición de lodos de plantas de tratamiento de agua potable pueden citarse:

- La descarga de lodos de plantas de purificación de agua sobre ríos y lagos conlleva a la formación de depósitos, o bancos de lodos, en las zonas de baja velocidad de flujo. Estos depósitos cubren a los organismos bénticos y altera la cadena alimenticia de los peces.
- Los lodos reducen la calidad estética de la fuente receptora al aumentar la turbiedad del agua, este aumento puede disminuir la actividad fotosintética. El incremento de sólidos suspendidos y de turbiedad hacen perder el valor recreacional del agua y su uso para esparcimiento.
- La descarga de aguas de lavado de filtros trae consigo el riesgo de contaminación bacteriana patogénica y de aumento en el crecimiento microbiano del agua.
- La descarga de aguas con Carbón Activado conduce a la creación de colores oscuros negros en el agua y a la pérdida de su valor estético y recreacional.
- Los lodos de alumbre pueden tener efectos tóxicos, por exceso de aluminio, sobre algunos organismos acuáticos. (Romero, 1999) ^[3]

3.3.3 Lodos o fangos Activados

Proceso de fangos activados

Este proceso fue desarrollado en Inglaterra en 1914 por Ardra y Lockett y su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo por vía aerobia. Existen diversas versiones del proceso original, en nuestro caso nos decantamos por el de "AIREACION

PROLONGADA CON RECIRCULACION DE LODOS", proceso que tiene una gran aceptación en el Tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades principalmente por su gran efectividad entre el 75 y el 95%, poca producción de lodo y sencillez en su funcionamiento.

Descripción del proceso

Desde el punto de vista de funcionamiento, el tratamiento biológico de aguas residuales mediante el proceso de fangos activados, se realiza a través de un tanque o reactor biológico, donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión y se realiza la oxidación de la materia orgánica. El contenido del reactor se conoce con el nombre de "líquido mezcla".

El ambiente aerobio en el reactor se consigue mediante el uso de difusores, que también sirve para mantener el líquido mezcla en estado de mezcla completa. Al cabo de un periodo determinado de tiempo, la mezcla de las nuevas células con las viejas se conduce hasta un tanque de sedimentación para su separación del agua residual tratada.

Una parte de las células sedimentadas se recircula para mantener en el reactor la concentración de células deseada, mientras que la otra parte se purga del sistema (fango en exceso).

En el proceso de fangos activados, las bacterias son los microorganismos más importantes, ya que son los causantes de la descomposición de la materia orgánica del afluente. En el reactor, o tanque biológico, las bacterias aerobias o facultativas utilizan parte de la materia orgánica del agua residual con el fin de obtener energía para la síntesis del resto de la materia orgánica en forma de células nuevas.

El de aireación prolongada es una variante del proceso de flujo en pistón con recirculación, donde todas las partículas que entran en el reactor biológico permanecen en el interior del mismo durante idéntico periodo de tiempo.

El agua procedente del tratamiento primario: Arqueta de desbaste, cámara de grasas, pasa al tanque de aireación donde es mezclada con aire disuelto que fluye por los difusores siendo uniforme este suministro de aire disuelto que fluye por los difusores siendo uniforme este suministro de aire a lo largo de toda la longitud del tanque. Durante el periodo de aireación se produce la absorción, floculación y oxidación de la materia orgánica. Los sólidos del fango activado se separan en un decantador secundario. Este proceso necesita de una carga orgánica reducida y un largo periodo de aireación.

Características del funcionamiento del proceso de fangos activados

Modelo de flujo: Flujo de pistón.

Sistema de aireación: Soplante y distribución por difusores.

Eficacia eliminación DBO₅: 75 al 95%.

Proceso utilizado en pequeñas comunidades, son plantas prefabricadas de fácil instalación y mantenimiento.

Parámetros de diseño

En este proceso además de los parámetros necesitados para el dimensionamiento de la fosa séptica es necesario conocer:

- ✓ Carga diaria de DBO₅ ó materia orgánica que entra en el tanque biológico.
- ✓ Carga diaria de SST.
- ✓ Tiempo de retención celular (t_c), $d = 20 - 30$
- ✓ Carga másica aplicada relación Kg DBO₅ / Kg SSVLM. $d = 0,05 - 1,5$

- ✓ Carga volumétrica Kg DBO₅/ m³ d = 0,16 – 0,40
- ✓ SSLM mg / l = 3000 - 6000
- ✓ Tiempo de retención hidráulica horas = 18 - 36
- ✓ Coeficiente de recirculación del decantador el tanque biológico = 1 – 1,5
- ✓ Carga de superficie = 1,0 – 1,33 m³/ m². h
- ✓ Oxígeno necesario Kg O₂/ Kg DBO₅ = 2 a 2,5 Kg
- ✓ Transferencia de oxígeno de los difusores (según modelo y fabricante).
- ✓ El agua del efluente procedente de un tratamiento biológico por fangos activados puede ser vertido a cauces, canales o embalses al estar dentro de los parámetros exigidos por la Ley.

Clases de lodos

Atendiendo a los distintos factores que caracterizan los lodos, se pueden clasificar de la siguiente forma:

Por su contenido en agua

- ❖ Lodos líquidos.- cuyo contenido en agua es superior al 80%.
- ❖ Lodos plásticos o paleables.- su contenido en agua es inferior al 80%, por lo que pueden ser manejados mediante pala y transportados en camiones de caja abierta.
- ❖ Lodos sólidos.- cuyo contenido en agua es inferior al 60%.

Por su composición química

- ❖ Lodos orgánicos
- ❖ Lodos inorgánicos
- ❖ Lodos tóxicos y peligrosos

Por su origen

- ❖ Arenas y detritos.
- ❖ Lodos primarios.
- ❖ Lodos secundarios.

Por su contenido en sólidos

1. En sedimentación libre

- ❖ Frescos.
- ❖ Espesados
- ❖ Diferidos - húmedos

2. Por precipitación química

- ❖ Frescos.
- ❖ Digeridos húmedos.
- ❖ Por filtración
- ❖ Frescos.
- ❖ Espesados sedimentados
- ❖ Digeridos húmedos

3. Lodos activados

- ❖ Frescos
- ❖ Espesados

4. Digeridos húmedos

Por su destino final

- ❖ Lodos incinerables.
- ❖ Lodos agrícolas.

- ❖ Lodos para vertido controlado.
- ❖ Lodos para depósito de seguridad.

3.3.4 Lodos y lodos activos

Lodo es el residuo del tratamiento de potabilización de agua, que se deposita en el fondo de un decantador, caracterizándose por su alto contenido en agua, siendo variable su contenido en microorganismos según sea su procedencia urbana o industrial.

Son lodos activos aquellos en período de floculación o floculados, con una gran flora bacteriana y otros microorganismos capaces de mineralizar la materia orgánica. Se producen por aireación prolongada de las aguas negras o de gran contenido en microorganismos.

¿DE QUE FACTORES DEPENDE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE LOS LODOS PRODUCIDOS EN UNA PLANTA DE POTABILIZACION?

La cantidad y calidad de los lodos generados por una Planta de Potabilización de Aguas dependen, fundamentalmente, de:

- ❖ De las características del agua cruda tratada.
- ❖ Del proceso de tratamiento empleado.

Los siete componentes de un lodo mixto

Los componentes más importantes de los lodos mixtos, atendiendo a su composición son los siguientes:

Materia orgánica total: 38,7 %

Compuestos nitrogenados totales: 24,2%

P₂O₅: 2,6%
K₂O: 0,4%
Pb: 814 ppm
Mn: 393 ppm
Cu: 348 ppm
Zn, Cr: 1925 ppm

3.4 MARCO LEGAL

La reglamentación en materia de Lodos Residuales sustenta las acciones de tratamiento y disposición final de Residuos se destacan:

- ♻️ **Decreto 2811 del 18 de Diciembre de 1974, República de Colombia. Código Nacional de los Recursos Naturales**, por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Artículo 35: Se prohíbe descargar, sin autorización, los residuos, basuras y desperdicios y, en general, de desechos que deterioren los suelos o causen daño o molestia a individuos o núcleos humanos. Artículo 36: Para la disposición o procesamiento final de las basuras se utilizarán preferiblemente los medios que permitan evitar el deterioro ambiental, reutilizar sus componentes, producir nuevos bienes o restaurar o mejorar los suelos. Artículo 38: Dependiendo de la calidad y el volumen de los residuos, el generador tiene la obligación de recolectarlos, tratarlos o disponerlos.

- ♻️ **Decreto 1541 del 26 de Julio de 1978, República de Colombia Ministerio de Agricultura. De las Aguas No Marítimas.** Artículo 211: Se prohíbe verter, sin tratamiento, residuos sólidos, líquidos o gaseosos, que puedan contaminar o eutrofizar las aguas, causar daño o poner en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna.

- ♻️ **Resolución 273 del 1 de Abril 1997, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.** Actualiza las tarifas mínimas de las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas.

- ♻️ **Decreto 1713 del 6 de Agosto de 2002, Ministerio de Desarrollo Económico. Gestión integral de residuos sólidos, recolección de basuras y disposición de residuos.** Artículo 70: Formas de aprovechamiento.

- ♻️ **Resolución 02400 del 22 de Mayo de 1979, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Estatuto de Seguridad Industrial,** Artículos 38, 39, 40, 42, 44, 45 Normas generales y procedimientos básicos, de evacuación de desechos.

- ♻️ **Decreto 4741 del 30 de Diciembre de 2005 Reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos en el marco de la gestión integral,** Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la Gestión Integral.

NORMAS

- ♻️ **ISO² 14001 Versión 2007** Principios para la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental.

² Internacional Standard Organización

4. DISEÑO DE INVESTIGACION

4.1. HIPÓTESIS

Hi 1: La mejor alternativa es la disposición de los residuos sólidos como ZODME (Zona de manejo de escombros y material de excavación), puesto que, no involucra tratamiento mayor, solo recolección y transporte.

Hi 2: Los lodos residuales de la planta de potabilización pueden ser usados de forma directa, sin ningún tipo de tratamiento previo, para la aplicación en labores de agricultura.

Hi 3: Desde el punto de vista ambiental la mejor alternativa es convertir el lodo en material útil (compostaje) como mejorador de suelos.

4.2 VARIABLE

Para realizar la investigación utilizaremos las siguientes variables.

Tabla No. 5 Variables

VARIABLES	FACTORES
VARIABLE DEPENDIENTE	Matriz de Aspectos e impactos Ambientales que tendrán los siguientes aspectos: <ul style="list-style-type: none">• Proceso• Subprocesos• Aspectos• Elementos Ambiental• Impactos• Importancia Ambiental• Calificación• Frecuencia / probabilidad• Significancia• Métodos de control
VARIABLE	Efectos y/o consecuencias de las Impactos Ambientales:

INDEPENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> • Presión sobre los recursos naturales • Afectación al recurso hídrico • Aumento del caudal del río por los sedimentos • Deterioro de la calidad del suelo • Deterioro de la calidad del agua • Generación de residuos
---------------	---

Fuente: Autores

4.3 ENFOQUE

La investigación tiene un enfoque **EMPÍRICO – ANALÍTICO**, ya que implica la posibilidad de la prueba empírica de poder observarse, y contener datos de la realidad de acuerdo a la visita de verificación; demostrando postulados e informes de los Aspectos Ambientales en relación a los residuos generados en los tratamientos de Aguas. No obstante analizaremos las fuentes generadoras, monitoreo ambientales y Riesgos Ambientales.

4.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La siguiente investigación tiene un carácter **DESCRIPTIVO - EXPLICATIVO**; donde se realizó un análisis de los parámetros, riesgos ambientales generados por la disposición inadecuada de los lodos residuales procedentes de la potabilización de agua en Campo 23. Por medio de un diagnóstico de las condiciones Ambientales, conoceremos los principales Riesgos que se generan al Medio Ambiente.

4.5 TIPO DE DISEÑO

El estudio tiene un Diseño **NO EXPERIMENTAL**, ya que lo realizaremos sin manipular las **VARIABLE INDEPENDIENTE** (Causas – Aspectos Ambientales: Fuente generadoras de los Impactos Ambientales: Contaminación y Disposición

inadecuada de los residuos) se basa en variables que tienen un antecedente, que ya ocurrieron y se ven en la realidad sin nuestra intervención directa. Por consiguiente el Tipo de diseño no experimental **TRANSVERSAL O TRANSECCIONAL** puesto que se analiza los diferentes Impactos Ambientales en un momento determinado. Recolectaremos la información en un periodo determinado, descubriendo su incidencia e interrelación con el Entorno de trabajo.

4.6 METODOLOGÍA

Para la realización de esta propuesta de investigación se plantea una Metodología que ofrezca elementos necesarios para la gestión Ambiental y el desarrollo Sostenible dando las Recomendaciones para el control de los Impactos Ambientales generados por los lodos resultantes de los tratamientos de potabilización de aguas.

4.7 PROCEDIMIENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

✓ Marco Metodológico

En el proceso de análisis de impactos se siguieron los lineamientos establecidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y se contó con la participación activa de los profesionales involucrados en el estudio. El método utilizado es el desarrollado por ECOPETROL S.A. (Matriz de Análisis de Riesgos - RAM) para la evaluación integral de riesgos de sus actividades, proyectos y servicios, con algunas modificaciones establecidas por ECOPETROL S.A.

➤ **Identificación y Análisis de Impactos Ambientales**

En términos generales, el orden seguido para la identificación y análisis de impactos potenciales asociados a las obras y actividades a realizar en **los campos** fue el siguiente:

✓ **Análisis del Estado del Ambiente**

Consiste en el establecimiento de las condiciones ambientales de la zona, identificando las actividades del hombre que más han ocasionado cambios en el entorno ambiental y socioeconómico en el área de estudio. Se utilizó una matriz de dos entradas estableciendo las actividades antrópicas que predominan en la zona de estudio y los componentes ambientales que se ven afectados por las mismas.

IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS: Se desarrolló de acuerdo a las condiciones ambientales existentes y los cambios que ocasionan la realización de las diferentes actividades del proyecto.

EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS: Utilizando la metodología RAM y utilizando una matriz simple, se evaluó cada efecto según la actividad que lo genera mediante unos criterios definidos, a los cuales se les asignó un valor, según una escala de ponderación definida.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN: La matriz elaborada para la identificación permite obtener un listado de los impactos ambientales generados por las diferentes etapas del tratamiento sin ninguna evaluación u ordenamiento. Teniendo como base la identificación realizada previamente, se procedió a valorar los impactos utilizando la siguiente metodología propuesta por ECOPETROL S.A.

✓ **Carácter**

Es una condición cualitativa que determina el sentido del cambio producido por una acción del proyecto sobre el ambiente. Puede ser positivo cuando el impacto produce un efecto benéfico o negativo cuando el impacto produce un efecto perjudicial para el componente.

✓ **Magnitud del Impacto**

Se refiere al grado de incidencia del impacto sobre el medio ambiente. Trata sobre la gravedad de las consecuencias de la alteración producida en los componentes ambientales o sociales del área. Ver Tabla 6.

Tabla No. 6 Rangos de Magnitud

MAGNITUD DEL IMPACTO		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
BAJA	1	Efectos ambientales no significativos, es decir cuando las consecuencias del impacto generan modificaciones mínimas sobre el medio.
MEDIA	2	El efecto no es suficiente para poner en grave riesgo los recursos naturales, pues solo se generan afectaciones moderadas en el factor medioambiental analizado; pérdida ambiental o económica mínima (menos de 100 SMLMV)
ALTA	3	El efecto altera o genera un deterioro del medio ambiente o de alguno de sus componentes, puede haber pérdida ambiental o económica intermedia (entre 100 y 200 SMLMV).
MUY ALTA	4	El impacto afecta gravemente los recursos naturales, o causa pérdidas económicas significativas. (más de 200 SMLMV)

Fuente: ECOPETROL S.A. 2003. Metodología de Evaluación de Impactos Ambientales y Valoración de Riesgos.

✓ **Extensión**

Corresponde al área de influencia del impacto, es decir al área donde tienen manifestación las consecuencias del suceso. Ver Tabla 7

Tabla No. 7 Rangos de extensión

EXTENSIÓN DEL IMPACTO		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
PUNTUAL	1	El impacto se localiza en un espacio reducido, dentro de la instalación.
PARCIAL	2	El impacto se manifiesta dentro de la instalación, sin salir de ella pero en un área más amplia.
EXTENSO	4	El impacto tiene manifestaciones fuera de la instalación

Fuente: ECOPETROL S.A. 2003. Metodología de Evaluación de Impactos Ambientales y Valoración de Riesgos.

✓ **Duración**

Corresponde al tiempo de permanencia del impacto. Ver Tabla 8

Tabla No. 8 Rangos de duración

DURACIÓN DEL IMPACTO		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
FUGAZ	1	Las manifestaciones tienen duración inferior a un (1) mes
TEMPORAL	2	Duración entre uno (1) y doce (12) meses
PROLONGADO	3	Duración entre uno (1) y cinco (5) años
PERMANENTE	4	Las consecuencias permanecen por más de cinco (5) años

Fuente: ECOPETROL S.A. 2003. Metodología de Evaluación de Impactos Ambientales y Valoración de Riesgos.

✓ **Reversibilidad**

Medida del retorno a las condiciones originales, sin el uso de tecnología.
Ver Tabla 9.

Tabla No. 9 Rangos de la reversibilidad

REVERSIBILIDAD DEL IMPACTO		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
CORTO PLAZO	1	El retorno a condiciones originales toma menos de un (1) año
MEDIANO PLAZO	2	Se requieren de uno (1) a cinco (5) años
LARGO PLAZO	4	El retorno a condiciones originales toma más de cinco años

Fuente: ECOPETROL S.A. 2003. Metodología de Evaluación de Impactos Ambientales y Valoración de Riesgos.

✓ **Recuperabilidad**

Medida del retorno a las condiciones originales, con el uso de tecnología.
Ver Tabla 10.

Tabla No. 10 Rangos de la Recuperabilidad

RECUPERABILIDAD DEL IMPACTO		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
CORTO PLAZO	1	La recuperación se da en un plazo menor a un (1) año
MEDIANO PLAZO	2	Entre uno (1) y cinco (5) años
LARGO PLAZO	3	La recuperación toma más de cinco (5) años
IRRECUPERABLE	4	No hay posibilidades de una recuperación

Fuente: ECOPETROL S.A. 2003. Metodología de Evaluación de Impactos Ambientales y Valoración de Riesgos.

✓ **Acumulación**

Trata sobre el incremento progresivo del efecto, o la inclusión de efectos sinérgicos. Ver Tabla 11.

Tabla No. 11 Rangos de acumulación

ACUMULACIÓN DEL IMPACTO		
CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
SIMPLE	1	El impacto actúa por sí sólo. La recuperación se da en un plazo menor a un (1) año
ACUMULATIVO	2	El impacto se suma a otros para incrementar el daño

Fuente: ECOPEPETROL S.A. 2003. Metodología de Evaluación de Impactos Ambientales y Valoración de Riesgos.

✓ **Importancia ambiental (I.A)**

Para determinar la IMPORTANCIA DEL IMPACTO, se realiza la sumatoria de las calificaciones correspondientes a Magnitud, Extensión, Duración, Reversibilidad, Recuperabilidad y Acumulación. El resultado se consigna en la columna de la matriz titulada IMPORTANCIA. La mínima calificación posible es 6 y la máxima es 22.

La importancia del impacto (IA) es el resultado de la siguiente función:

$$IA = M + E + D + R + R' + A. \text{ (Ver Anexo 2)}$$

✓ **Jerarquización de impactos**

El resultado final de la evaluación es la clasificación de los impactos con base en los valores de importancia establecidos, como se presenta en la matriz de calificación RAM (Ver Tabla 12).

Tabla No. 12 Importancia de los impactos ambientales

IMPORTANCIA	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
6	1	Leve
7 – 10	2	Menor
11 – 14	3	Localizado
15 – 18	4	Mayor
19 – 22	5	Masivo

Fuente: ECOPETROL S.A. 2003. Metodología de Evaluación de Impactos Ambientales y Valoración de Riesgos.

Con el valor obtenido en el literal anterior de Calificación para cada impacto ambiental se entra a la Matriz de Evaluación de Riesgos (RAM), la cual se constituye en la herramienta que estandariza la evaluación de los riesgos y facilita la clasificación de todas las amenazas a la salud, seguridad, medio ambiente, bienes e imagen de ECOPETROL S.A. Los ejes de la matriz, según la definición de riesgo, corresponden a las consecuencias y a la Probabilidad de Ocurrencia del Impacto Ambiental.

Para indicar el nivel de gravedad, se utiliza una escala de Consecuencias de “1” a “5”. como se muestra en la siguiente tabla. Luego de obtener la calificación de las consecuencias del impacto ambiental, se calcula la probabilidad basándose en la experiencia o evidencia histórica en que las consecuencias identificadas se han materializado dentro de la industria, la empresa o en el sitio específico donde se adelantará el proyecto. Ver Tabla 13.

Tabla No. 13 Probabilidad de ocurrencia del impacto

PROBABILIDAD	DEFINICIÓN
A	No ha ocurrido en la industria
B	Ha ocurrido en la industria
C	Ha ocurrido en ECOPETROL S.A.
D	Sucede varias veces por año en ECOPETROL S.A.
E	Sucede varias veces por año en el área

Fuente: ECOPETROL S.A. 2003. Metodología para la Evaluación de Impactos Ambientales y la valoración de riesgos.

El resultado de cada impacto cruzado con la probabilidad, dará la evaluación final de cada impacto ambiental. Los clasificados como Altos y Muy Altos de acuerdo con la Tabla 14, se considerarán como impactos ambientales significativos para el Sistema de Administración.

Ambiental ISO 14001 del respectivo departamento de operaciones donde tiene jurisdicción el proyecto, en este caso el departamento de Santander.

Tabla No. 14 Evaluación final de evaluación de impactos

CONSECUENCIA		PROBABILIDAD				
		A	B	C	D	E
AMBIENTAL		NO HA OCURRIDO EN LA INDUSTRIA	HA OCURRIDO EN LA INDUSTRIA	HA OCURRIDO EN LA EMPRESA	SUCEDE VARIAS VECES POR AÑO	SUCEDE VARIAS VECES POR AÑO EN EL SITIO
Masivo	5	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Mayor	4	Baja	Media	Media	Alta	Alta
Localizado	3	Muy Baja	Baja	Media	Media	Alta
Menor	2	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	Media
Leve	1	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja

Fuente: ECOPETROL S.A. 2003. Metodología de Evaluación de Impactos Ambientales y Valoración de Riesgos.

5. RECOLECCIÓN DE DATOS

5.1 DETECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

5.1.1 Fuentes de Información Primaria

Para la recolección de información de la investigación, se utilizó libros, revistas, cartillas, artículos de publicaciones, información suministrada en capacitaciones de Manejo de Residuos Sólidos. Sumado a estas fuentes de información se tiene el concepto de los Ingenieros y/o profesionales que dirigen los tratamientos de Agua y Residuos Sólidos. Además, la asesoría técnica del Ingeniero **Sergio Augusto Guerra**, quien nos asesoró en aspectos de Disposición Final y Manejo Ambiental de los Residuos.

5.1.2 Fuentes de Información Secundaria

Se obtuvo información de Planes de Manejo Ambiental, Folletos, cartillas de Prevención de la Contaminación del Medio Ambiente, tratamiento de los Lodos Residuales, tratamientos de Agua, Soluciones Ambientales y finalmente Páginas en Internet.

5.1.3 Fuentes de Información Terciaria

Como fuente de esta categoría se obtuvo de los boletines informativos obtenidos de conferencias relacionadas con el tema, Ministerio del Medio Ambiente, vivienda y Desarrollo Sostenible y Corporaciones Autónomas Regionales.

5.2 PLAN DE OBSERVACIÓN

Para la realización del presente trabajo de grado aplicaremos la metodología de observación NO PARTICIPANTE, la cual implica informar a Seguridad Física y al Operador de la Planta la Llana Campo 23, y solicitar un permiso, para llegar hasta las Procesos de tratamiento, generación y disposición actual de Residuos, que son nuestro objeto de estudio. Para lograr esto se enviará un correo electrónico a los interesados nombrados anteriormente, donde se solicita de manera muy comedida que nos permita ingresar a las instalaciones de la Planta y nos permita interactuar con el Ingeniero de la Planta de tratamiento.

6. ANÁLISIS DE DATOS

6.1 DATOS RECOLECTADOS EN LA VISITA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LA LLANA - CAMPO 23

6.1.1 Metodología

6.1.1.1 Recorrido por las instalaciones de la Planta

Zona de almacenamiento de coagulante:

Es el área ubicada a la entrada de la planta, donde se almacena el coagulante puro L-IPTC 110 de Lipesa Colombia S.A (Ver [Anexo 6](#)) en 15 bulk drums de una capacidad de 320 galones (1200 litros o 1,2 m³) aproximadamente.

Figura No. 3 Zona de almacenamiento de coagulante



Fuente: Ecopetrol S.A

Bombas de dosificación de coagulante

Equipo de bombeo usado para alimentar el coagulante en solución al agua cruda, facilitando el proceso de decantación (separación en dos fases: líquida y sólida). Son dos bombas marca Milton Roy, con una potencia de 3 HP cada una y un caudal máximo aproximado de 500 GPM, graduable de 0 a 100% de apertura.

Figura No. 4 Bombas dosificadoras de coagulante.



Fuente: Ecopetrol S.A

Zona de aireación

Es el área de la planta, donde se lleva a cabo el proceso de poner en contacto el aire (Oxígeno) con el agua para eliminar gases disueltos en exceso tales como anhídrido carbónico, ácido sulfúrico y sustancias volátiles, o para oxidar el hierro y manganeso presente. En nuestro caso la aireación se lleva a cabo en la Obra de Repartición en forma de cascada, donde también se da la mezcla rápida del policloruro de aluminio, y su objetivo es eliminar los malos olores y oxidar iones para luego precipitarlos en el decantador.

Figura No. 5 Zona de aireación de agua cruda.



Fuente: Ecopetrol S.A

Decantadores

Son dos decantadores, donde se lleva a cabo el proceso físico de separación, allí los flocs formados se separan del agua, por su tamaño y peso adquiridos en la floculación y se sedimentan o decantan dentro del decantador.

Figura No. 6. Decantadores.

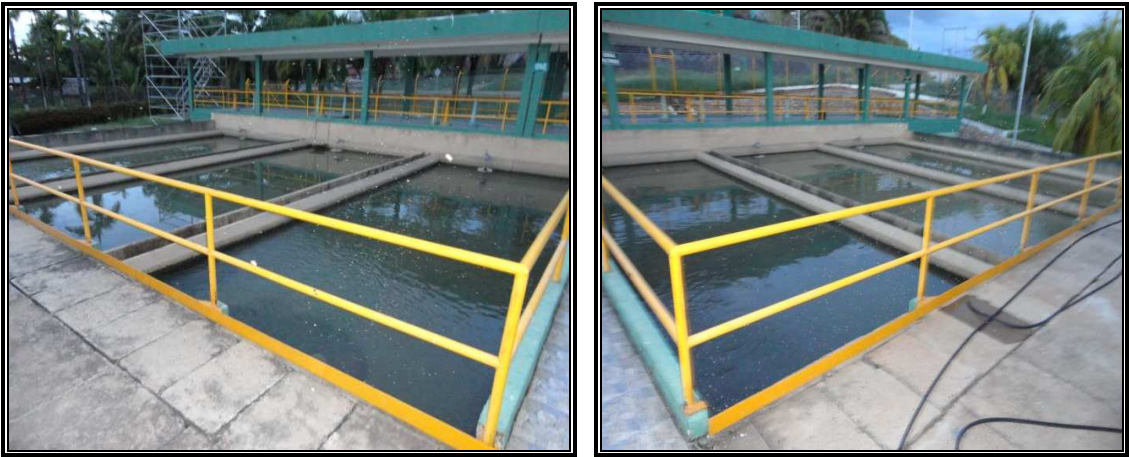


Fuente: Ecopetrol S.A

Filtros

Son seis filtros construidos en forma de cuba rectangular en hormigón, los cuales se van lavando conforme al proceso de saturación del mismo, cada filtro contiene arena de una densidad y granulometría especial, para facilitar la labor de separación de sólidos presentes en el agua y el retrolavado de los mismos, sin pérdida de material filtrante.

Figura No. 7. Zona de filtros



Fuente: Ecopetrol S.A

Salida de agua filtrada

La planta de tratamiento de aguas entrega agua filtrada (sin desinfectar) a través de un canal en común que desemboca en una línea de conducción de 14", hacia sala de bombas, donde se realiza el proceso de cloración y conducción de agua potable.

Figura No. 8. Salida de agua filtrada.



Fuente: Ecopetrol S.A

Tanques de almacenamiento de agua para lavado de filtros

Son dos tanques de almacenamiento de agua potable: uno (K-10) con una capacidad de 1000 barriles y el otro (K-12) con capacidad de 3800 barriles. Ambos almacenan agua para realizar labor de retrolavado de cada uno de los seis filtros existentes en la planta. Se consumen dos veces su capacidad al día, según las condiciones del agua cruda (turbidez y color), cuando se tiene alta turbidez o color alto, el consumo es de 4 veces cada uno (4000 barriles en el K-10 y 15200 barriles en el K-12), o 19200 barriles diarios.

Figura No. 9 Tanques de almacenamiento de agua potable – lavado de filtros.



Fuente: Ecopetrol S.A

6.1.1.2 Zonas de interés (almacenamiento y evacuación o descarga de lodos)

Almacenamiento

Las zonas de almacenamiento de lodos son dos: los decantadores donde se almacenan hasta por espacio de 3 a 4 meses, donde se remueve el lodo con ayuda de agua a una presión de 250 a 300 psi (lb/in²). El otro depósito parcial de sólidos son los seis filtros, donde se almacenan por espacio de un día máximo.

Figura No. 10 Lodos presentes en los decantadores.



Fuente: Ecopetrol S.A

Figura No. 11 Lodos retenidos en los filtros.



Fuente: Ecopetrol S.A

Descarga y/o evacuación de lodos

Son dos conjuntos de válvulas ubicadas a un costado (lateral) de cada decantador, tanto de fondo como de campana, a través de las cuales se descargan lodos hacia el río temporizados según criterio del operador (a través del sistema remoto, Opto 22).

Figura No. 12. Válvulas para purga de lodos: laterales, fondos y campanas – decantador No. 1.



Fuente: Ecopetrol S.A

Figura No. 13 Válvulas para purga de lodos: laterales, fondos y campanas – decantador No. 2.



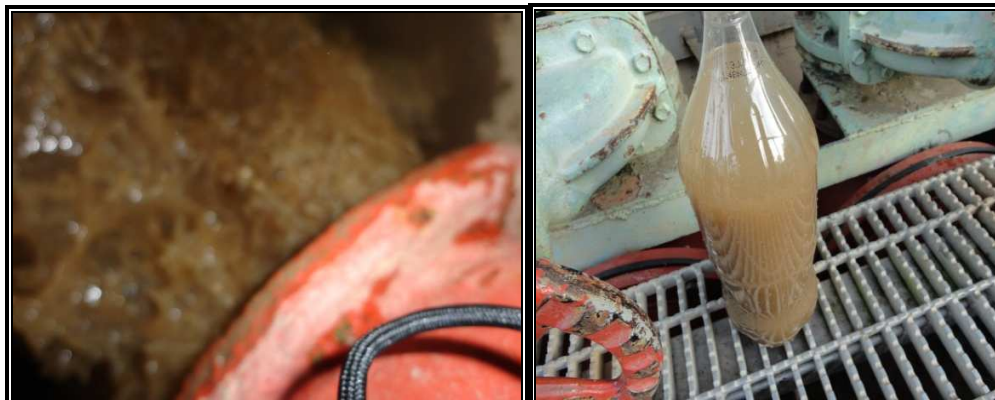
Fuente: Ecopetrol S.A

6.1.1.3 Recolección de muestra de lodos

- **Decantadores**

Se toma un balde plástico (previamente desinfectado con hipoclorito de sodio al 5%) de 10 litros de capacidad y se coloca cuidadosamente debajo de una de las válvulas extractoras laterales de los decantadores. Luego se deja reposar (tapándola, para prevenir contaminación con el aire) y se almacenan los lodos en un envase plástico de 2,5 litros de capacidad (previamente lavado y desinfectado con hipoclorito de sodio al 5%) desechando la fase líquida. Se tapa y almacena en lugar limpio y seco.

Figura No. 14 *Recolección de muestra de lodos del decantador No. 1.*



Fuente: Ecopetrol S.A

- **Filtros**

Se toma un balde plástico (previamente desinfectado con hipoclorito de sodio al 5%) de 10 litros de capacidad y se introduce dentro del filtro (previamente agitado, facilitando la suspensión de las partículas sólidas retenidas en el lecho filtrante). Luego se deja reposar (tapándola, para prevenir contaminación con el aire) y se almacenan los lodos en un envase plástico de 2,5 litros (previamente lavado y

desinfectado con hipoclorito de sodio al 5%) desechando la fase líquida. Se tapa y almacena en lugar limpio y seco.

Figura No. 15 Recolección de muestra de lodos presentes en los filtros.



Fuente: Ecopetrol S.A

6.2 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LOS LODOS RESIDUALES

6.2.1 INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE LOS LODOS

Con base en los resultados del laboratorio (ver [Anexo 5](#)) se calcula la concentración de cada componente en partes por millón (ppm) y por último, los miliequivalentes por cada 100 gramos de suelo seco.

Tabla No. 15 Resultados de análisis de lodos

Elemento	Resultado (%)*	ppm	meq /100 g suelo
pH	7,72		
Carbono Orgánico Oxidable Total	0,13	1300	
Nitrógeno	0,04	400	
Relación C/N	3,25		
Fosforo (P ₂ O ₅)	0,018	180	0,581
Calcio	0,073	730	1,821
Cobre	0,0003	3	0,005
Magnesio	0,034	340	1,398

Potasio	0,039	390	0,997
Sodio	0,007	70	0,304
Hierro	0,28	2800	5,014
Zinc	0,002	20	0,031
Manganeso	0,012	120	0,218
Azufre	0,007	70	0,218
Cloruros	0,0052	52	0,147
Aluminio	0,43	4300	15,937
Cenizas	6,38	63800	
Otros	0,2425	2425	
SUBTOTAL	7,70		
Humedad	92,30		
TOTAL	100		

Fuente: Autores - * Informe de Resultados de análisis de lodos (ver [Anexo 5](#))

Criterios que se deben tener en cuenta:

- **pH = 7,72 (7,4 a 7,8):** Metodología: Potenciométrico

El lodo tiene pH ligeramente alcalino, con un posible exceso de Calcio, Magnesio y Carbonatos, presenta baja solubilidad del fósforo y microelementos excepto el Molibdeno, es probable la necesidad de tratar el suelo con enmiendas, como el yeso. Al ser un suelo básico se puede tener problemas de carencias con especies muy exigentes.

- **Nitrógeno Total = 0,04 (> 0,10%):** Metodología: Kjeldhal – Titrimétrico

El estimativo conceptual del nitrógeno en un clima cálido es bajo.

- **Relación C/N = 3,25 (< 10):** Metodología: Cálculo matemático

Es baja. Indica alta mineralización.

- **Fósforo aprovechable = 180 (> 30 ppm):** Metodología: Espectrofotométrico

Indica alto nivel de fósforo en el suelo, no es necesario adicionar fertilizantes.

- **Capacidad de intercambio de cationes (CIC) = 4,216 (< 10 meq/100 g suelo):** Metodología: Cálculo matemático.

Indica un nivel bajo de capacidad de intercambio catiónico.

$$CIC = (Ca + Mg + K) = (1,821 + 1,398 + 0,997) = 4,22 \left(\frac{meq}{100gsuelo} \right)$$

- **Bases intercambiables Ca, Mg, K, Na**

Metodología: Absorción atómica

Calcio = 1,821 meq/ 100g (< 3 meq/ 100g suelo): Bajo

Magnesio = 1,398 meq/ 100g (< 1,5 meq/ 100g suelo): Bajo

Potasio = 0,997 meq/ 100g (> 0,4 meq/ 100g suelo): Alto

Sodio = 0,304 meq/ 100g (su contenido debe ser menor de 1)

- **Elementos menores**

Metodología: Absorción atómica

Hierro (Fe) = 2800 ppm (2,5 – 4,5 ppm) Alto

Manganeso = 120 ppm (1,0 ppm) Alto

Cobre (Cu) = 3 ppm (0,2 ppm) Alto

Zinc (Zn) = 20 ppm (0,5 ppm) Alto

Presenta altos contenidos de elementos menores.

- **% Saturación de aluminio = 77,9 (60,1 – 100%):** Metodología: Cálculo matemático.

Indica un nivel alto de saturación de aluminio, por tanto se va a afectar severamente el crecimiento y producción especialmente de leguminosas.

$$\% \text{ Saturación de Aluminio} = \frac{\frac{(Al) \text{ meq}}{100g}}{\frac{(Ca + Mg + K + Na + Al) \text{ meq}}{100g}} \times 100$$

$$\% \text{ Saturación de Al} = \frac{15,937 \times 100}{(1,821 + 1,398 + 0,997 + 0,304 + 15,937)} = 77,9$$

➤ **Bases totales:** suma de Ca, Mg, K y Na = 4,52 (meq/ 100g suelo)

6.2.2 EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE LOS LODOS

Tabla No. 16 Tabla Fertilidad de los lodos

Elementos Analizados	Resultado	Referencia(*)	Puntaje
pH (Potenciométrico)	7,72	7,4 a 8,4	2
Fósforo (P ₂ O ₅), ppm	180	> 15	3
Aluminio (% de saturación)	77,90	> 50	1
CIC, meq/100 g	4,22	< 10	1
Bases Totales, meq/100g	4,52	4 a 10	1
Potasio, meq/100g	0,997	> 0,35	2
TOTAL			10

Fuente: *Valores tomados de tabla de fertilidad de suelos. ^[4]

Según el puntaje total de 10 (8 a 15) el nivel de fertilidad del lodo es **Moderado**.

Los cultivos forestales y las tareas de reforestación pueden ser uno de los potenciales campos para la aplicación de los lodos puesto que la mayoría de los cultivos arborícolas se llevan a cabo en terrenos pobres y es la escasez de nutrientes lo que limita el crecimiento.

Se pueden utilizar para la rehabilitación y recuperación de terrenos que como consecuencia de explotaciones mineras y deslizamientos de tierra han quedado sin un sustrato adecuado para el desarrollo de la cubierta vegetal. ^[4]

7. ALTERNATIVAS AMBIENTALES DE USO DE LOS LODOS RESIDUALES

Los métodos más frecuentes en el tratamiento de lodos

Ciñéndonos a lo que se refiere exclusivamente al tratamiento de los lodos, es decir los residuos del tratamiento de las aguas residuales o de plantas de potabilización, los procesos más usuales aplicados para su disminución y eliminación, son los siguientes:

7.1 Alternativa No. 1 Los Zodmes

Entiéndase por Zodme la zona de disposición de material proveniente de excavación los cuales pueden ser temporales o definitivos. Los Zodmes son una alternativa ambiental viable para el Manejo de los Residuos – Lodos procedentes de la potabilización de Agua.

Una vez determinada la cantidad de lodos restantes y sobrantes a disponer, teniendo en cuenta que los diseños deberán contemplar en lo posible la maximización del uso de los cortes como rellenos para disminuir el volumen sobrante a disponer, se debe como primera alternativa estudiar la posibilidad de la utilización de los Zodmes, los cuales deberán poseer las autorizaciones ambientales respectivas.

Para la valoración de las zonas se realizó observación directa en campo, estudios de suelos, inventarios forestales y el respectivo levantamiento topográfico, a partir de lo cual **se definió la alternativa más viable** desde las consideraciones técnicas, económicas y ambientales.

En caso de que las zonas de disposición de materiales sobrantes de excavación requieran de su implementación, ya sea por la no existencia de las mismas en zonas cercanas al área del proyecto que hagan inviable desde el punto de vista técnico y económico su utilización y/o porque las existentes cercanas no posean la capacidad suficiente de disposición, se deberá adecuar una zona de disposición, que formará parte integral del proyecto de construcción y operación, para lo cual se deberá tener en cuenta:

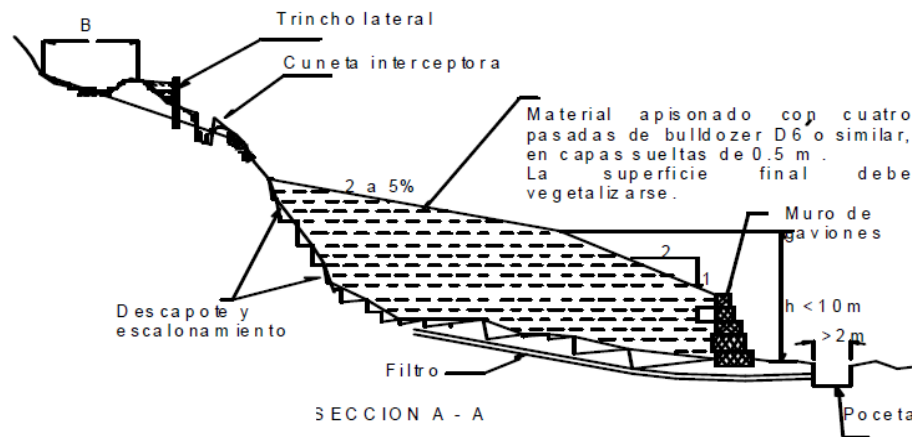
Preselección de Zodmes. Mediante planos o fotografías aéreas se identificarán y seleccionarán los Zodmes a utilizar. El resultado final de esta fase es la selección preliminar de Zodmes que puedan almacenar el volumen de material sobrante definido en los diseños del proyecto.

Reconocimiento del Terreno. Se efectuará reconocimiento en el terreno de los Zodmes preseleccionados para valorar en detalle los criterios de selección definitivos. Se requiere exploración del suelo para su caracterización y valoración de las condiciones geotécnicas. Se identificarán las principales limitaciones y ventajas de cada uno de los sitios seleccionados.

Selección de los Sitios. Se efectuará la selección definitiva de los sitios sopesando y valorando cada uno de los criterios de selección, dentro de los cuales se tendrá en cuenta:

- ✓ Utilización de recursos existentes.
- ✓ Afectación de recursos naturales.
- ✓ Distancia al sitio del Proyecto.
- ✓ Capacidad de almacenamiento.

Figura No. 16 Disposición de Lodos en el Zodme



Fuente: Diseños Zodme Wikipedia

Levantamiento Topográfico y Diseño. Sobre los sitios seleccionados se efectuará un levantamiento topográfico para el diseño del Zodme.

A partir de las observaciones y reconocimiento de campo por los profesionales especialistas se diseñarán las obras requeridas para garantizar la estabilidad de la obra y del terreno, así como aquellas tendientes a lograr una menor afectación a los recursos naturales (estabilización de taludes, obras de revegetalización, canales perimetrales para control de agua de escorrentía y erosión, filtros para control de aguas de infiltración, muros de gaviones en las patas del Zodme).

7.1.1 Programa para la Construcción del Zodme

Objetivo

Disponer el material sobrante de excavación generado durante las actividades constructivas, bajo condiciones que reduzcan el impacto ambiental.

Impactos ambientales a manejar

- ✓ Emisión de materiales particulados.
- ✓ Aporte de sedimentos a cuerpos de agua.
- ✓ Destrucción y afectación de vegetación.
- ✓ Fenómenos de inestabilidad y remoción en masa.
- ✓ Afectación de predios.

Tipo de medidas

- ✓ Prevención
- ✓ Control
- ✓ Mitigación

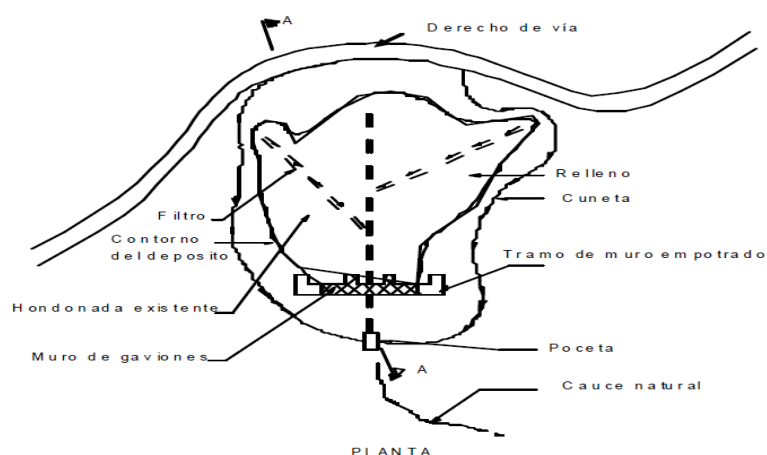
Criterios de manejo ambiental

La preparación y operación de los Zodmes puede incluir las siguientes actividades:

- ✓ Descapotar previamente en un espesor mínimo de 0,20 a 0,50 m para retirar la capa vegetal. Los materiales de descapote se acordonarán en el borde de la zona del botadero.
- ✓ Excavación de zanjas o acequias de desviación de corrientes de agua que se encuentren dentro de la zona.
- ✓ Construcción de obras para manejo de drenaje.
- ✓ Construcción de enrocados disipadores de energía en las cunetas perimetrales.
- ✓ Construcción de un sistema de contención en la base del relleno (diques; muro de gaviones, muro en concreto; otro)
- ✓ Los materiales de desecho se irán extendiendo en el área ya preparada, en capas de espesor suelto entre 0,40 – 0,50 m y apisonadas pasando varias veces el buldócer o niveladora, hasta conformar terrazas entre 4 y 5 m.
- ✓ Los taludes finales del Zodme quedaran conformados con una pendiente 2H: 1V, o la recomendada según las características de los materiales.

- ✓ Cuando se trate de material rocoso, deberá colocarse adentro hacia afuera para que se pueda hacer una selección de tamaños; los fragmentos más grandes deben situarse hacia la parte externa del depósito, de forma que sirvan de protección definitiva del relleno.
- ✓ El material más fino debe quedar ubicado hacia la parte interior del depósito. Con el fin de disminuir las infiltraciones de agua al depósito, deben densificarse las dos últimas capas, mediante varias pasadas del tractor de orugas.
- ✓ Cada vez que se ascienda por lo menos 3 m en cota con los materiales depositados deben perfilarse los taludes, para proceder a su cobertura con los materiales de descapote, evitando así la erosión por escorrentía superficial. Cuando se requiera suspender la colocación de materiales, se deberán proteger en el menor tiempo posible las zonas desprovistas del relleno.
- ✓ Una vez terminada la disposición de materiales sobrante el Zodme deberá clausurarse, procediendo a su revegetalización y obras de estabilización, que incluye la construcción del sistema de drenaje superficial para evacuar las aguas de escorrentía.

Figura No. 17 Diseño de un Zodme



Fuente: Wikipedia

Lineamientos ambientales

- ✓ **Con relación al manejo de la cobertura vegetal:** En caso de requerirse aprovechamiento forestal, se deberá tramitar el permiso de corte de árboles antes la Autoridad Ambiental. Cuando sea necesario remover la vegetación presente, además de contar con los permisos de aprovechamiento forestal, tala y descapote, deberá realizarse en el área estrictamente necesaria para definir y ubicar dentro de los planos de localización, los sitios en donde se adelantara la plantación y compensación; incluyendo tipos de especies vegetales, cantidad, manejo de aguas lluvias y taludes.

- ✓ **En cuanto al descapote, rellenos, nivelación y movimientos de tierras:** Se deberá remover la cobertura vegetal existente en el predio previo a las actividades de nivelación. Si el suelo orgánico presenta buenas condiciones de fertilidad o contenido de materia organica, se recomienda reutilizarlo en las actividades de empedradización y recuperación paisajística del área donde se realicen las nivelaciones y/o de la zona final y su área de influencia. En los taludes que se generen por las actividades de movimiento de tierra, se deben realizar las obras de protección, aislamientos y estabilización que sean necesarias teniendo en cuenta los lineamientos de las Normas Geotécnicas.

- ✓ **En cuanto al transporte:** El peticionario está obligado a cumplir las normas consignadas en la Resolución 541 de Diciembre 14 de 1994, o la norma que la modifique, adiciones o sustituya, en lo relacionado con las actividades de cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición de los materiales sobrantes. En cuanto a la disposición final de material de descapote y corte, estos se deberán disponer en los sitios autorizados por la Autoridad Ambiental, conservando los correspondientes recibos de disposición final.

- ✓ **En cuanto al manejo del material particulado y el ruido:** Se debe garantizar el humedecimiento de la totalidad de las áreas de trabajo, con el fin de minimizar las emisiones de material particulado, especialmente en lo que tiene que ver con la actividad de descapote, nivelación y transporte de materiales, entre otras. Es obligatorio exigir a los contratistas el mantenimiento de vehículos y equipos utilizados, para evitar niveles altos de ruido.
- ✓ **En cuanto a la señalización y aislamiento del área de nivelación:** Se debe implementar el uso de señales preventivas, reglamentarias e informativas durante el tiempo en que se ejecute las actividades, con el fin de prevenir accidente tanto del personal que tenga que ver con la obra o transite por sus alrededores.
- ✓ **En cuanto al entorno:** Las actividades se deberán ejecutar de manera tal que no afecten la salud e integridad de los habitantes del sector; así como también deberá garantizar la estabilidad de los terrenos y edificaciones aledañas al sitio del movimiento de tierras; los daños que se causen a terceros en la ejecución de las actividades son responsabilidad del propietario del proyecto.
- ✓ **En cuanto a la interventoría de Obras:** El usuario, deberá contratar una interventoría ambiental, la cual debe ser realizada por un profesional idóneo en el área ambiental, con el fin de llevar a cabo la verificación de los lineamientos ambientales y reforzar el cumplimiento de todas las obligaciones y normativas ambientales inherentes a la realización de estas actividades.

Figura No. 18 Actividades de Tala y descapota para la Adecuación del Zodme



Fuente: Ecopetrol S.A.

Figura No. 19 Adecuación del terreno para el Zodme



Fuente: Ecopetrol S.A.

Figura No. 20 Área de Zodme Recuperada Ambientalmente



Fuente: Ecopetrol S.A.

7.2 Alternativa No. 2 Piscinas para la Disposición de Lodos

7.2.1 Espesado de lodos

Antes de proceder a la eliminación o estabilización de los lodos es conveniente, cuando no necesario, proceder a su espesado, del que resultan las siguientes ventajas:

- Reducción del volumen, con el consiguiente ahorro en medios técnicos.
- Homogeneización de los lodos procedentes de varios decantadores.

7.2.2 Digestión de los lodos

- Digestión aerobia.- Por digestión o estabilización de los fangos se entiende la eliminación en presencia del aire de la parte fermentable de los lodos.

- Digestión anaerobia.- Es un proceso que tiene lugar en ausencia de aire, el oxígeno necesario se obtiene de la sustancia tratada, por el cual se los carbohidratos, proteínas y los aminoácidos y grasas se descomponen en metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂).

7.2.3 Deshidratación de lodos

Consiste en la eliminación del mayor porcentaje de agua de los lodos tratados, mediante alguno de los siguientes medios:

- Eras de secado
- Lagunas de fangos
- Filtración al vacío
- Centrifugación
- Filtro banda
- Filtro prensa
- Secado, a su vez directo o indirecto

Los lodos residuales resultantes de los tratamientos de aguas podrán evacuarse hacia un sitio de disposición sobre las áreas de las piscinas construidas para este fin. La construcción de estas se realiza con un cubrimiento final en material orgánico o eventualmente se podrá utilizar áreas autorizadas por la autoridad ambiental para la disposición de escombros operado por un tercero según el caso. Para esto exponemos:

7.2.4 Etapa de la Construcción

La construcción de piscinas para el tratamiento y manejo de los lodos de perforación debe prever lo siguiente:

- Preparación de la subrasante. La superficie del estrato de suelo compactado debe ser plana y fuerte para que proporcione un soporte continuo a la geomembrana. Esta superficie debe estar libre de rocas, raíces y exceso de agua y una capa de arena fina al final de 5cm compactada.
- Transporte, almacenamiento y colocación de la geomembrana. La geomembrana debe ser transportada en rollos al sitio de trabajo, en su almacenamiento debe evitarse el contacto directo con el terreno y debe ser protegida de la exposición excesiva al polvo, agua y calor.
- Pruebas y juntas de la geomembrana. Si las juntas de la geomembrana se llevan a cabo por procesos térmicos, se requieren buenas condiciones climáticas y superficies completamente limpias. La junta debe efectuarse cuando la temperatura ambiente está entre 5 y 40 °C y debe existir un buen control del polvo durante el proceso. Debe establecerse un programa de pruebas de juntas para el control de calidad, el cual puede basarse en las normas ASTM D4437-84, D4545-86 y D5820-95.
- Los taludes de anclaje de la geomembrana deben manejarse 2H: 1V con material arcilloso compactado y una capa de arena fina de 5cm compactada. para evitar sobre esfuerzos por doblamientos y elongación.
- Requisitos de diseño de geomembranas. Las geomembranas deben diseñarse teniendo en cuenta los siguientes criterios y el factor de seguridad para las propiedades admisibles deben simular el comportamiento de subsidencia, tensión, anclaje, resistencia química y mecánica en el manejo de lodos y aguas aceitosas. De acuerdo a lo

anterior se deberán construir las piscinas con geomembrana de 40 miles.

7.2.5 Cierre de la Piscina y uso Ambiental

Las piscinas utilizadas para la disposición de los lodos deben cerrarse evacuando los líquidos contenidos, posteriormente se tapa la piscina con material orgánico proveniente de la ejecución de actividades de descapote, excavaciones y cortes, ubicado en la misma área o de zonas de material autorizadas. Finalmente, el material es compactado y cubierto con material vegetal conformado de tal forma que permita que el agua corra hacia los drenajes naturales.

Los cortes resultantes de los tratamientos serán almacenados en la piscina y serán deshidratados (a una humedad menor a 30%, preferiblemente) con cal y tierra común, para posteriormente proceder a la disposición final de los mismos, previo monitoreo de parámetros establecidos en el Protocolo Louisiana 29 B y Decreto 4741 de 2005, a fin de lograr una estabilización y homogenización adecuada.

Una vez han sido tapadas y clausuradas la(s) piscina(s) de tratamiento de los lodos, se podrá revegetalizar el área mediante la siembra de especies nativas acompañadas de barreras vivas que permitan manejar las aguas de escorrentía y controlar el arrastre de sedimentos.

Para la revegetalización se dispondrá de una capa de suelo orgánico, realizando posteriormente una empradización con gramíneas.

7.3 Alternativa No. 3 Reducción del volumen de lodo y Recuperación del Aluminio

7.3.1 Reducción del volumen de lodo

El grado de deshidratación necesario para una planta dada, dependerá del método de disposición final. La concentración mínima normalmente aceptable puede ser de 20%, sin embargo, esto dependerá de que las instalaciones estén correctamente diseñadas para remover aproximadamente del 80 al 90% de los sólidos suspendidos en los tanques de coagulación - sedimentación (AWWA, 1991).

El objetivo principal en el tratamiento de los lodos de plantas potabilizadoras es producir un lodo con una concentración de sólidos que pueda facilitar su manejo y disposición. Para reducir el volumen total de lodos a disponer se puede aplicar alguna de las alternativas que se muestran en la Tabla 17.

Tabla No. 17. Alternativas de tratamiento y disposición de lodos de plantas potabilizadoras. ^[5]

Alternativas de Tratamiento	Alternativas de Disposición
<ul style="list-style-type: none">➤ Acondicionamiento Químico➤ Tanques de espesamiento➤ DeshidrataciónLechos de secadoLagunasFiltros prensaFiltros a vacíoCentrifugaciónCongelamiento	<ul style="list-style-type: none">➤ Disposición finalDescarga a aguas superficialesRelleno sanitarioIncineración

Fuente: www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/005.pdf.

7.3.1.1 Acondicionamiento químico

Se efectúa un acondicionamiento del lodo con la finalidad de facilitar su deshidratación, mediante la adición de reactivos químicos que provoquen la desestabilización de los sólidos dispersos presentes en el mismo. Así, el polímero utilizado fue el BL 5368 (Flores L. et al 1997). Se acondicionaron dos tipos de

lodos, el que se general en los sedimentadores (lodo homogéneo) y el que sale de los espesadores (lodo espesado), bajo las siguientes condiciones:

Lodo homogéneo

- a) Mezcla rápida; 10 s, 120 s^{-1}
- b) Mezcla lenta; 5 min, 19 s^{-1}
- c) Sedimentación; 3 min.

Lodo espesado

- a) Mezcla rápida; 10 s, 350 s^{-1}
- b) Mezcla lenta; 5 min, 22 s^{-1}
- c) Sedimentación; 5 min.

Seleccionado el polímero y establecidas las condiciones de operación en el acondicionamiento químico de lodo, se establece el procedimiento para realizar la acidificación del mismo. ^[6]

7.3.1.2 Espesamiento

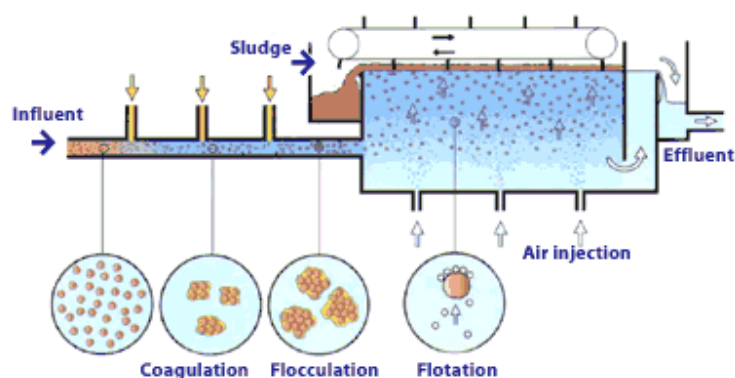
Los fangos originados en las estaciones de tratamiento, pueden considerarse como fangos poco concentrados, también se conocen, dadas sus características como “fangos de hidróxidos” (el hidróxido de aluminio es uno de sus componentes principales). Los procedentes de las purgas de decantadores pueden contener un valor promedio de materia seca del orden del 0,5% (5 g/l). Este valor es orientativo, ya que depende de varios factores, como son en primer lugar las características del agua bruta (turbiedad, color, materia orgánica, metales como hierro y manganeso, etcétera), dosis de coagulante y otros reactivos empleados, características y tipo de decantadores y ritmo de purgas.

Los procedentes del agua de lavado de filtros son menos concentrados aún, del orden de 0,2 a 0,3 g/l. El espesamiento de los fangos tiene lugar generalmente en decantadores, ya sea por gravedad o por flotación.

El espesamiento por gravedad suele realizarse en decantadores estáticos circulares o rectangulares provistos de rasquetas que arrastran el fango precipitado hacia las arquetas de recogida y el agua decantada clarificada se extrae por los vertederos situados en la parte superior. A veces, los decantadores por gravedad, pueden disponer de lamelas que al aumentar la superficie de decantación permiten reducir el volumen del decantador, obteniendo los mismos o mejores resultados en el espesamiento.

El espesamiento por flotación, aprovecha la flotabilidad de las partículas (flóculos) cuando se les adhieren pequeñas burbujas de aire. Para la adherencia de estas burbujas de aire, basta con presurizar directamente la mezcla de fangos con aire, a una presión de 6 bares y descomprimir después a la entrada del flotador o también se puede presurizar directamente agua clarificada que se inyecta después en el propio fango. El fango flotado y espesado es retirado de la superficie mediante frascuetas superficiales.

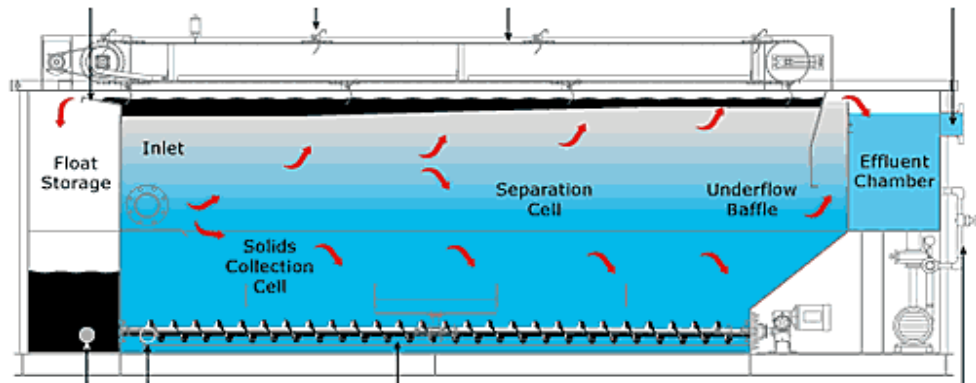
Figura No. 21 Esquema del mecanismo de concentración de lodos



Fuente: http://www.elaguapotable.com/tratamiento_de_lodos.htm

El espesamiento del fango, fundamentalmente en la flotación, se ve favorecido mediante el empleo del poli electrolito adecuado.

Figura No. 22 Esquema de concentración de lodos por flotación



Fuente: http://www.elaguapotable.com/tratamiento_de_lodos.htm

La concentración del fango en materia seca tras esta fase de espesamiento suele estar en un entorno del 3 - 4 % (30 - 40 g/l).

La concentración del lodo en materia insoluble, dependerá tanto de la instalación de procedencia (purga de decantadores, lavado de filtros) y tipo de estas. En el caso de decantadores, estos pueden ser fundamentalmente, estáticos, lamelares, de recirculación de fangos, y pulsación de fangos. En el caso de los filtros, la variación en el tipo de estos afecta menos a las características de los lodos procedentes de su lavado.

Respecto a las características químicas de los lodos, hay que tener presente que la composición química, por precisa que sea, no nos da una suficiente indicación de las características fisicoquímicas de los sólidos en suspensión, así por ejemplo la granulometría o tamaño de las partículas, superficie, carga electrostática y las fuerzas de capilaridad que retienen el agua, son factores importantes para determinar el tratamiento a aplicar a un lodo. Son muy útiles, por tanto, la

realización de una serie de pruebas de caracterización de estas propiedades, como son los test de decantabilidad, de resistencia a la filtración y de compresibilidad.

7.3.1.3 Deshidratación

El fango espesado como acaba de señalarse, contiene aún un porcentaje pequeño de materia seca (4%), lo que hace necesario una mayor concentración y manejar de esta forma menores volúmenes, para ello se recurre a la deshidratación mecánica (el secado por evaporación en eras de secado presenta inconvenientes, tanto en espacio como medioambientales). La extracción del agua retenida por capilaridad en el lodo no es posible con una simple decantación, ya sea por gravedad o por flotación. Para conseguir grados de sequedad del orden del 20% o mayores, hay que someter el lodo a una filtración o a una centrifugación, y generalmente para aumentar el rendimiento de estos tratamientos se hace necesario utilizar determinados reactivos como cal o poli electrolitos.

Existe un procedimiento, no muy extendido aún, de deshidratación del fango que lo lleva a una deshidratación completa, que es el secado térmico, es un procedimiento costoso dado el consumo de energía empleada, pero en la valoración económica de este procedimiento habría que tener muy en cuenta el menor volumen generado y por tanto el consiguiente ahorro en transporte y vertido, basta con tener presente que la cantidad de materia obtenida en un secado térmico completo, quedaría reducida a una quinta parte de la obtenida por centrifugación. En general, los gastos de transporte suponen una partida importante en los costes totales de explotación, (cercanos a 1/3 del total). Por otra parte en un sistema de secado térmico, que a su vez deje reducido el lodo a un fino material seco, sería posible, en algunos casos, emplearlo en la industria cerámica, a este respecto se han llevado a cabo experiencias en diversos, lugares con resultados bastante prometedores.

Los sistemas de filtración más empleados son los filtros prensa y los filtros banda.

7.3.1.3.1 Filtros prensa

En esencia estos constan de una serie de placas de fundición o de algún material moldeado, con caras acanaladas sobre las que se intercalan unas telas filtrantes, el fango previamente acondicionado generalmente con cal, se introduce en las cámaras que forman cada dos placas contiguas y se somete el conjunto a una presión de 300 Kg/cm^2 , por medio de un dispositivo hidráulico. El funcionamiento es discontinuo, y muy laborioso, obteniéndose un fango seco, próximo al 30% en materia seca.

Figura No. 23 Esquema de un Filtro prensa



Fuente: http://www.elaguapotable.com/tratamiento_de_lodos.htm

7.3.1.3.2 Filtros banda

Consisten en una banda continua de tela filtrante que pasa a través de unos rodillos giratorios, el fango acondicionado con un poli electrolito se vierte de forma continua sobre la banda, y posteriormente al pasar entre los rodillos es comprimida y una placa raspadora va separando el fango deshidratado de la

banda. En estos filtros se consiguen concentraciones del orden del 20% en materia seca.

Figura No. 24 Esquema general de un filtro banda



Fuente: <http://academiadeingenieriademexico.mx/archivos/talleres/aprovechamiento-lodos/Aspectos%20Generales%20del%20Manejo%20de%20Lodos.pdf>

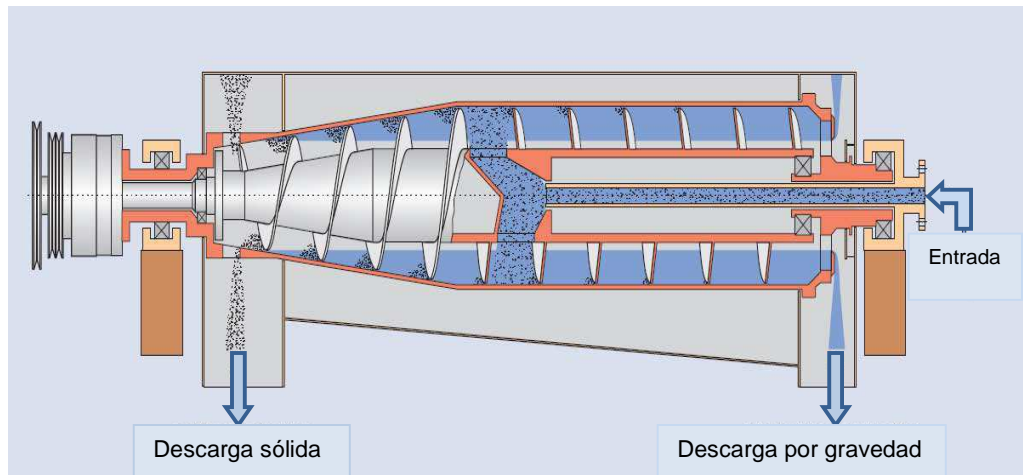
7.3.1.3.3 Centrifugación

La centrifugación, en definitiva es una decantación que tiene lugar en un decantador cilíndrico que gira a gran velocidad, esta rotación origina un campo centrífugo equivalente a varios miles de veces la fuerza de la gravedad precipitándose por tanto el lodo deshidratado en las paredes interiores del cilindro giratorio.

Las centrifugas industriales convencionales están formadas por un cuerpo cilíndrico rotatorio o rotor en cuyo interior gira en el mismo sentido y también a gran velocidad, aunque algo menor que el rotor, un tornillo helicoidal que va arrastrando hacia el exterior los sólidos que se han ido acumulando en las paredes interiores del rotor. La entrada del fango al rotor de la centrifuga tiene

lugar por un tubo central. El tornillo helicoidal arrastra el fango retirado de las paredes internas del rotor hacia el exterior por un extremo, mientras que el agua clarificada sale por el extremo opuesto.

Figura No. 25 Esquema general de un filtro banda



Fuente: <http://academiadeingenieriademexico.mx/archivos/talleres/aprovechamiento-lodos/Aspectos%20Generales%20del%20Manejo%20de%20Lodos.pdf>

La regulación de la velocidad diferencial entre el rotor y el tornillo helicoidal proporciona un medio de regulación de la centrifuga para extraer un residuo sólido más uniforme y seco. La centrifuga puede trabajar en continuo, siendo igualmente muy importante el empleo de un agente floculante o poli electrolito adecuado, a la entrada del rotor, para una mejor separación. En la deshidratación de estos fangos en las centrifugas, se puede obtener unos lodos con una concentración en materia seca próxima al 20%.

Figura No. 26 Esquema general de un filtro banda



Fuente: <http://academiadeingenieriademexico.mx/archivos/talleres/aprovechamiento-lodos/Aspectos%20Generales%20del%20Manejo%20de%20Lodos.pdf>

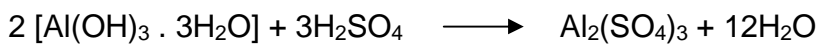
El destino final de este tipo de lodos por ahora suele ser a vertedero controlado, como relleno de terrenos y canteras ya explotadas en determinadas zonas, o incluso compostaje junto con el fango de depuración de agua residual. Algunos fangos dado su elevado contenido en arcilla podrían emplearse en la fabricación de determinados productos cerámicos, tales como ladrillos, bases para baldosas y azulejos, etcétera, siempre que el contenido en materia orgánica sea bajo.

En cualquier caso estos fangos no están caracterizados como residuo tóxico o peligroso, por lo que generalmente pueden considerarse como vertido inerte de cara a su destino final en los vertederos controlados o para el relleno de terrenos. El mayor costo en la gestión de estos lodos, es su retirada y vertido. El agua clarificada de todo el proceso de tratamiento de fangos puede ser recuperada y enviada al tratamiento en la planta de potabilización. ^[7]

7.3.2 Recuperación del aluminio

El proceso de recuperación de aluminio, en forma de sulfato, mediante el empleo de ácido sulfúrico de lodos provenientes del tratamiento del agua potable fue patentado por W. M. Jewell en 1903, en los Estados Unidos, y se practicó posteriormente en Japón, Inglaterra y Polonia. La extracción con ácido sulfúrico es la más ampliamente aceptada, sin embargo, el uso de otros ácidos como el clorhídrico y bases como el hidróxido de sodio y de calcio también han sido utilizados.

La solución de aluminio bajo condiciones ácidas o alcalinas disminuye el contenido de $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ precipitado y mejorar la deshidratación del lodo reduciendo su masa y volumen. La recuperación de aluminio se expresa mediante la siguiente relación estequiométrica:



Se ha preferido el ácido sulfúrico debido a su bajo costo y a su propiedad para extraer coagulantes primarios. El requerimiento estequiométrico de ácido sulfúrico para disociar el $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ a Al^{+3} es 1.5 moles de ácido por mol de $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ o, 1.11 kg de ácido por kg de $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ o 5.45 kg de ácido por kg de Al. Sin embargo, la disolución de aluminio no llega a ser completa debido a que:

- ✓ Otros materiales demandan ácido (sólidos presentes en el lodo como producto de la coagulación), tales como, óxidos e hidróxidos de hierro en concentraciones importantes, el manganeso y otros metales traza también están presentes en concentraciones significativas. Por lo tanto, si el ácido adicionado está basado en la concentración del aluminio presente en el lodo, solamente una fracción del aluminio total podrá ser disuelta.
- ✓ Cuando el agua cruda contiene una concentración alta de sólidos, en su mayoría constituidos por óxidos de aluminio ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), éstos no pueden ser

disueltos con dosis de ácido sulfúrico pequeñas, bajo condiciones de temperaturas bajas y períodos cortos de contacto.

Es importante considerar la presencia de otras sustancias de reacción alcalina, como los bicarbonatos y carbonatos que demandan ácido, por lo que es necesario emplear un exceso con respecto al equivalente estequiométrico del $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ presente (Chen, et al, 1976).

El lodo que queda después de la recuperación es generalmente un sedimento voluminoso, más concentrado y que puede deshidratarse más fácilmente en lechos de secado de arena. Por lo anterior, los factores importantes asociados con la evaluación de la recuperación de alúmina, son la demanda de ácido, el tiempo de contacto y el pH alcanzado para llevar a cabo la recuperación.

7.3.2.1 Uso del aluminio recuperado como coagulante

La calidad del aluminio recuperado se evalúa basándose en su concentración, y contenido de materia orgánica, turbiedad, color, manganeso, hierro y trazas de contaminantes orgánicos e inorgánicos. No obstante, que los contaminantes son reciclados en el proceso de tratamiento; se ha reportado que las concentraciones son iguales con las que se encuentran en coagulantes comerciales. Estudios reportan que el coagulante recuperado es más diluido que el comercial en un factor de 15 (Westerhoff, 1973).

El color y la turbiedad han sido usados en sistemas de laboratorio para determinar la efectividad del coagulante recuperado, mientras que en plantas piloto se han analizado características bacteriológicas, físicas y químicas.

Slechta y Culp (1967) concluyen que la efectividad del aluminio recuperado es igual al de un coagulante comercial después de 10 ciclos de extracción. Isaac y

Vahidi (1961) encontraron que 10 mg/l de alúmina comercial remueve el 90% del color del agua cruda, mientras que una dosis de aluminio recuperado remueve solamente entre el 70 y 80%. También observaron que si el pH de la solución es menor a 3, la efectividad del aluminio disminuye. Saunders (1989) reportó que la dosis óptima de un coagulante está entre 0,8 a 2,0 mg/l como Al, que es equivalente a una dosis de alúmina de 8,9 a 22,2 mg/l.

Bishop *et al.* (1987) probaron a nivel planta una alúmina comercial y aluminio recuperado, con los siguientes resultados. El hierro y manganeso fueron los metales que se presentaron en concentraciones altas en el coagulante recuperado, sin embargo, fueron removidos en el tren de tratamiento. En el agua sedimentada, la turbiedad y el manganeso presentaron valores elevados cuando se utilizó aluminio recuperado. En términos generales, se reporta que la calidad del agua fue igual en ambos casos.

Joan Pera I. Libre (1991) realizó pruebas a nivel de planta piloto para la recuperación de aluminio, obteniendo un ahorro del 46,5% del coagulante fresco, ya que sólo acidificaron el 50% del lodo producido a un pH aproximadamente de 3,5; esto se realizó con la finalidad de evitar la extracción de otros metales. Si se hubiese utilizado el 100% del lodo se hubiera recuperado 93% del coagulante. Este estudio no involucró la incidencia de la materia orgánica en la recuperación del coagulante. La materia orgánica es otro factor a controlar en el coagulante recuperado, ya que su incremento repercute en el color de la solución del aluminio recuperado y en el consumo de ácido sulfúrico (Cornwell y Susan, 1979). ^[5]

7.4 Alternativa No. 4 Mejorador de suelos, silvicultura y compost

7.4.1 Mejorador de suelos

En la actualidad, los estudios se han enfocado hacia la búsqueda de alternativas para la transformación del lodo en un material útil para ser dispuesto en el suelo, debido principalmente a que cada vez son menores las áreas aptas para la construcción de sitios de disposición final, a los problemas asociados a la contaminación atmosférica generada por la incineración de estos residuos y a que los métodos tradicionales de manejo de los lodos son cada vez más complejos y costosos.

De las opciones disponibles para la disposición final de los lodos tratados, su uso como mejorador de suelos es el más eficiente, dado que este residuo encierra en su composición materia orgánica, macro y micro nutrientes, que hacen que su contribución en el suelo sea de suma importancia en lo que respecta al ahorro de recursos en la compra de fertilizantes, además de proporcionar una mejora en las características físicas, químicas y biológicas del suelo que lo recibe, lo que se traduce en bajos costos de disposición final e impactos positivos al ambiente por el reciclaje de nutrientes en el suelo. En otras palabras, el material resultante del tratamiento de los lodos puede ser empleado en actividades agrícolas, de jardinería, en campos deportivos y en la recuperación de suelos deteriorados, entre otros usos. ^[8]

7.4.2 Silvicultura

Como señalan Braatz y Kandiah (1996), la silvicultura es otra importante alternativa de uso de aguas residuales tratadas para el riego de áreas verdes o árboles urbanos, y para el aprovechamiento de lodos en plantaciones forestales. Wang *et al.* (2004) encontraron un efecto positivo de los lodos sobre el crecimiento e incremento de volumen de árboles de *Pinus radiata*, por lo que la aplicación de lodos puede sustituir la fertilización forestal comercial de mayor costo. Los lodos han sido utilizados en silvicultura para incrementar la productividad forestal, para

reforestar y para estabilizar áreas deforestadas o perturbadas por la minería, la construcción, los incendios, el sobrepastoreo, erosión u otros factores (Brown *et al.*, 2003). La aplicación de lodos en zonas forestales puede acortar el tiempo de aprovechamiento de la madera y de obtención de productos forestales, debido a que aceleran los ciclos de crecimiento de los árboles, especialmente en suelos con productividad marginal (EPA, 1994).

Junto a los beneficios del uso de los lodos, también debe considerarse los riesgos que representan estos materiales, ya que cada material es diferente y puede contener altas concentraciones de elementos potencialmente tóxicos (EPT) para los cultivos o para los consumidores de los productos de los mismos. La posibilidad de contaminar suelos y aguas subterráneas constituye su principal limitante, de ahí que su uso no puede ser indiscriminado sin una adecuada planeación y supervisión (Otero *et al.*, 1996). Una utilización incorrecta de lodos puede ocasionar efectos indeseables sobre el suelo (Felipó, 1995). A pesar de que los EPT contenidos en los lodos pueden no exhibir efectos negativos sobre el desarrollo y producción de los árboles, si pueden reducir la calidad de la vegetación del sotobosque, así como del forraje que sirve de alimento a la fauna silvestre. ^[9]

7.4.3 Compost

El suelo, como cuerpo receptor, puede constituir un medio favorable desde el punto de vista de la remoción de patógenos, puesto que, las condiciones fisicoquímicas imperantes especialmente en la superficie (efectos del sol, rayos ultravioletas y sequía) y la competencia con otros microorganismos habitualmente presentes en él, pueden destruirlos rápidamente, lo cual constituye un punto a favor para la aplicación de los lodos en ciertos terrenos, teniendo el cuidado de

respetar plazos sanitarios antes del cultivo y distancias límites recomendables (Sanepar, 1999).

Los lodos y biosólidos pueden ser utilizados en la agricultura como abono, es decir, como un producto capaz de proporcionar a los cultivos elementos nutritivos necesarios para su crecimiento y su desarrollo. También algunos biosólidos, transformados en compost o tratados con cal, pueden jugar un papel importante como fertilizantes, lo que significa mantener o mejorar la estructura del suelo, su actividad biológica, o también controlar su acidez (ADEME, 2001). Se estima que un 40% de la producción europea de biosólidos de PTAR's se utiliza en la agricultura y cerca del 50% en los Estados Unidos (Jaramillo, 2002).

El proceso de compostaje constituye una forma viable para una mejor estabilización de biosólidos, principalmente cuando tienen limitaciones de tipo microbiológico para su uso benéfico, lo cual facilita su disposición final al poderlos aplicar directamente en áreas de cultivo para incrementar producción y enriquecer o mejorar la calidad del suelo.

El compostaje es un proceso biológico aerobio en el que la materia orgánica sufre degradación bioquímica hasta dar lugar a un producto final estable (Metcalf & Eddy, 1997). Es una alternativa de tratamiento para una amplia gama de residuos orgánicos, que permite reducir el volumen del material de desecho, disminuir olores desagradables, evitar la presencia de insectos y vectores, eliminar patógenos (gracias a las altas temperaturas que se generan dentro del proceso) y reciclar nutrientes y oligoelementos útiles para el suelo.

En esencia, todos los procesos de compostaje se basan en los mismos principios y generan el mismo tipo de productos (dióxido de carbono, agua, minerales y materia orgánica estabilizada) a través de un proceso que imita la fermentación natural que ocurre normalmente en un suelo (pero acelerada, intensificada y

dirigida) llevada a cabo por microorganismos como bacterias, hongos y actinomicetos (Kiely, 1999).

El compost es el producto final obtenido del proceso de compostaje y se caracteriza por ser estabilizado, inocuo, libre aumenta sus capacidad de retención de agua, lo que le confiere resistencia ante la sequía; mejora su porosidad, lo que facilita su aireación y por ende la respiración de las raíces; y aumenta la infiltración y la permeabilidad al mejorar su estructura.

Desde el punto de vista químico, el compost ofrece grandes beneficios debido a que tiene una capacidad de intercambio catiónico superior al de cualquier arcilla; suministra nitrógeno, potasio y fósforo; aporta oligoelementos tales como hierro, manganeso, zinc, boro, molibdeno y cobre, y contribuye a solubilizar algunos elementos minerales del suelo, facilitando su asimilación por las plantas. También la actividad biológica del suelo se ve favorecida por la aplicación de compost, no sólo por el aporte de un número importante de bacterias sino por el estímulo al desarrollo de microorganismos autóctonos que contribuyen a la descomposición de componentes minerales insolubles como los fosfatos, que son necesarios para el desarrollo de las plantas y evitan la lixiviación del nitrógeno soluble al transformarlo en nitrógeno orgánico (Romero, 1982). ^[10]

8. CONCLUSIONES

- ✓ Se identificaron las fuentes generadoras de lodos en la Planta de Tratamiento de Aguas La Llana – Campo 23, ellas son: las aguas de lavado de filtros, las aguas de purga de los decantadores evacuadas a través de las válvulas extractoras (laterales, de fondos y campanas) y los que se acumulan en el decantador durante la coagulación y floculación.
- ✓ Desde el punto de vista ambiental, la mejor alternativa de uso de los lodos procedentes de la potabilización del agua, es como mejorador de suelos o en labores de silvicultura o como compost. Gracias a su buen contenido de materia orgánica, micro y macronutrientes y poder fertilizante, la aplicación de estos lodos en suelos es atractiva y benéfica.
- ✓ El proceso de acidificación constituye una alternativa para el retiro o disminución de la concentración o cantidad de aluminio presente en los lodos residuales, si se desea aplicar en suelos a usar en labores de agricultura. Puesto que, el aluminio es no deseable para la aplicación en suelos, por afectar severamente el crecimiento y producción, especialmente de leguminosas. Además de su efecto neurotóxico en la salud humana y animal al ser consumido vía oral.
- ✓ En la identificación de los Aspectos e Impactos ambientales se evidenció que en el Manejo Actual de los lodos residuales se genera la contaminación de la fuente hídrica y del suelo, así mismo, un incremento de sedimentos en el río y por ende una cota máxima de inundación, entre otros efectos adversos para el Medio Ambiente.

9. RECOMENDACIONES

- ✓ Se propone como alternativa de uso de las aguas de lavado de filtros, recircular estas aguas al proceso o tratamiento, sumada al agua cruda antes de la zona de aireación, para su posterior tratamiento y evitar descargarlas directamente a la fuente hídrica.
- ✓ Es absolutamente necesario minimizar el contenido de aluminio en los lodos, debido a su efecto neurotóxico para la salud del hombre y de los animales. Para ello podemos apoyarnos en el proceso de acidificación, obteniendo un producto importante como el sulfato de aluminio, el cual puede ser retornado al proceso de coagulación.
- ✓ Los lodos residuales pueden ser aplicados en cultivos forestales y tareas de reforestación, ya que aportan nutrientes necesarios para su crecimiento.
- ✓ Los lodos residuales se pueden utilizar también en la rehabilitación y recuperación de terrenos que como consecuencia de explotaciones mineras y deslizamientos de tierra han quedado sin un sustrato adecuado para el desarrollo de la cubierta vegetal.
- ✓ Se debe realizar análisis microbiológico de los lodos, previo a la aplicación directa en terrenos o suelos, para prevenir problemas de salud en el hombre o en los animales. Esto se previene con aplicación de cal viva o cal hidratada a los lodos antes de ser aplicados directamente al suelo.
- ✓ Desde el punto de vista de la Ingeniería Ambiental, las Empresas Privadas y del Estado deben invertir en la Planificación, asignación de recursos e implementación de Programas Ambientales de Reutilización de residuos generados en los procesos Industriales.

BIBLIOGRAFÍA

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA – CDMB. Resolución 001273, Bucaramanga, Julio 6 de 2011.

ECOPETROL, S. A. *Manual de Mantenimiento Básico de la Planta de Tratamiento de Aguas La Llana – Campo 23, Superintendencia La Cira – Infantas. Gerencia Regional del Magdalena Medio.* Barrancabermeja, 2007. Páginas 2, 9 - 12.

GRAJALES, Sandra Johana; MONSALVE, Jaime Andrés; CASTAÑO, Juan Mauricio. *Programa de Manejo Integral de los Lodos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Tecnológica de Pereira, Scientia et Technica Año XII, No. 31, Agosto de 2006.* Página 285.

http://biblioteca.unet.edu.ve/db/alexandr/db/bcunet/edocs/teunet/2010/pregrado/ambiental/zambranoch_paola/capitulo2.pdf. Páginas 19 – 25.

http://www.interciencia.org/v32_02/115.pdf

http://www.elaguapotable.com/tratamiento_de_lodos.htm

<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/643/64325208.pdf>

<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6453/3613>

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (I.C.A). *Análisis de suelo y evaluación de su fertilidad para aplicación de fertilizantes y correctores.* Bogotá, 1972. Páginas 224 - 235

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Guía ambiental para construcción y operación de ayudas de aeronavegación en tierra. Bogotá D.C., Mayo 2001.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL PARA LOS CAMPOS PROVINCIA, BONANZA Y TISQUIRAMA – SAN ROQUE, Marzo de 2003

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL TIPO ÁREA GALÁN Y LLANITO, Septiembre de 2007.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL TIPO PERFORACIÓN POZOS DE DESARROLLO ÁREA GALÁN – LLANITO.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Decreto 2811 de 1974.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Decreto 1541 de 1978.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Resolución 273 de 1997.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Decreto 1713 de 2002.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Resolución 02400 de 1979.

REPÚBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Decreto 4741 de 2007.

ROJAS S., César Augusto. *Modelamiento geoestadístico de los depósitos fluviales de la Zona C - Formación Mugrosa en el área la Cira -Este del Campo La Cira*, Universidad Nacional de Colombia - Bogotá, 2011. Página 11.

SALCEDO P., Eduardo; VÁSQUEZ A., Antonio; KRISHNAMURTHY, Laksmy; ZAMORA N., Francisco; HERNÁNDEZ A., Efrén; RODRÍGUEZ M., Ramón. *Evaluación de lodos residuales como abono orgánico en suelos volcánicos de uso agrícola y forestal en Jalisco, México*, Interciencia, Volumen 32 N° 2, Febrero de 2007. Página 116.

SANDOVAL Y., Luciano; MARTÍN D, Alejandra; PIÑA S., Martín; MONTELLANO P., Leticia; SÁNCHEZ G., Laura; SANTANA R., Ma. De Lourdes; MORÁN P., Mario. *Tratabilidad de los lodos producidos en la potabilización del agua*, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Página 4.

SANDOVAL Y., Luciano; MARTÍN D, Alejandra; PIÑA S., Martín; MONTELLANO P., Leticia. *Estudio Piloto para reducir el volumen de lodos de Plantas Potabilizadoras*, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Páginas 2 – 4.

TORRES L., Patricia; ESCOBAR Juan Carlos; PÉREZ V., Andrea; IMERY V., Ricardo; NATES, Paola; SÁNCHEZ, Guillermo; SÁNCHEZ, Martha; BERMÚDEZ, Alejandro. *Influencia del material de enmienda en el compostaje de lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR*, Ingeniería e Investigación, Volumen 25 N° 2, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Agosto de 2005. Páginas 55 – 56.

www.bdigital.unal.edu.co/4349/1/cesaraugustorojassuarez.2011.parte1.pdf

www.biblioteca.utp.edu.co

www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/005.pdf

www.ingenieroambiental.com

www.minambiental.com

ANEXOS

Anexo No. A MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA

PROCESOS	SUBPROCESOS	ASPECTOS	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTOS	VALORACION										RECOMENDACIONES					
					MAGNITUD (M)	EXTENSION (E.)	DURACION (D)	REVERSIBILIDAD (R.)	RECUPERABILIDAD (R')	ACUMULACION (A)	IMPORTANCIA AMBIENTAL (IA)	CALIFICACION	FRECUENCIA / PROBABILIDAD	INCUMPLIMIENTO LEGAL	RIESGO	ES SIGNIFICATIVO?	MEDIDAS DE PREVENCION	MEDIDAS DE CONTROL	MEDIDAS DE MITIGACION	
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	CAPTACION	Captacion de Agua	Agua	Disminucion del caudal de la cuenca hidrografica	3	4	2	2	2	1	14	LOCALIZADO	3	B	NO	BAJO	NO	Campañas de ahorro de agua. Reutilizacion del agua. Capacitacion en el uso Racional del Agua.	Cumplir con la asignacion de caudal definida por la Autoridad Ambiental. Programa de Control y Registro del uso del Agua. Instalacion de Medidores de Agua a la Entrada y la salida de las Planta.	
		Descapote	Suelo	Activacion de procesos erosivos por perdida de vegetacion, ocasionada por el mantenimiento con roceria de la lineas de conduccion de agua cruda.	3	4	2	1	1	1	12	MENOR	3	D	NO	MEDIO	SI	Diseño de campos y controles en la nivelacion con el proposito de proteger la capa vegetal. Mantener zonas de proteccion de ocupacion de cauces. Uso de equipos adecuados para la labor.		Implementacion de programas de reforestacion y conservacion.
			Flora y fauna	Afectacion de la flora y fauna	1	4	2	1	1	1	10	MENOR	2	A	NO	BAJO	NO	Aplicar las disposiciones tecnica para la Proteccion de la flora y fauna		
		Instalacion de equipos	Suelo	Cambios en el uso del suelo por variacion o traslados del la linea de conduccion de agua cruda	1	4	2	1	1	1	10	MENOR	2	A	NO	BAJO	NO	Diseño de campos	Programacion de labores de acuerdo con los contenidos de humedad del suelo.	
	Suelo		Cambio del paisaje	1	4	2	1	1	1	10	MENOR	2	A	NO	BAJO	NO				
	Agua	Aumento de la concentracion de solidos aguas abajo, por el mantenimiento de la bocotoma y desarenador	2	4	4	4	1	1	16	MAYOR	4	B	NO	MEDIO	NO	Implementacion de los Programas para el Manejo de Residuos Solidos - Lodos Residuales.				
	COAGULACION / FLOCULACION	Adicion de quimicos	Agua	Alteracion de las caracteristicas del agua	2	4	1	4	1	1	13	LOCALIZADO	3	A	NO	BAJO	NO	Aplicación de las dosis requeridas en el momento adecuado. Procedimiento la dosificacion de quimicos.	Control en la dosificacion de los productos quimicos.	

PROCESOS	SUBPROCESOS	ASPECTOS	ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTOS	VALORACION											RECOMENDACIONES				
					MAGNITUD (M)	EXTENSION (E.)	DURACION (D)	REVERSIBILIDAD (R.)	RECUPERABILIDAD (R²)	ACUMULACION (A)	IMPORTANCIA AMBIENTAL (IA)	CALIFICACION		FRECUENCIA / PROBABILIDAD INCUMPLIMIENTO LEGAL		RIESGO	ES SIGNIFICATIVO?	MEDIDAS DE PREVENCIÓN	MEDIDAS DE CONTROL	MEDIDAS DE MITIGACION
TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	SEDIMENTACION	Generación de lodos de sedimentación	Agua	Contaminación del Agua	2	4	3	1	2	1	13	LOCALIZADO	3	D	NO	MEDIO	SI	Realización de los monitoreos periódicos de Agua, en comparación con la norma vigente.	Verificación periódica de los parámetros antes de su distribución	
			Suelo	Contaminación del suelo, cargas contaminantes (Río)	1	4	4	4	1	1	15	MAYOR	4	D	NO	ALTO	SI	Programa de Gestión Integral de residuos sólidos. Realización de los monitoreos de los lodos residuales y suelos (Río).	Sistemas de separación por sedimentación. Aprovechamiento de acuerdo con su calidad: en el compostaje, en el campo o rellenos de lotes.	
		Generación de residuos sólidos: envases, tubería desgastada, sacos usados.	Suelo	Contaminación del suelo	1	4	2	1	1	1	10	MENOR	2	A	NO	BAJO	NO	Programa de Gestión Integral de residuos sólidos	Gestión integral de los residuos sólidos	
	FILTRACION	Operación de máquinas	Aire	Emisión de ruido	1	1	3	2	1	1	9	MENOR	2	B	NO	BAJO	NO	Programas de mantenimiento preventivo y correctivo en equipos y máquinas. Siembra de especies vegetales que formen barreras naturales	Instalación de mamparas y barreras aisladoras de ruido	
		Energía eléctrica	Agua	Presión sobre los recursos naturales	1	4	3	1	1	1	11	LOCALIZADO	3	B	NO	BAJO	NO	Programas para el uso racional y eficiente de la Energía		
	DESINFECCION	Almacenamiento, conducción y distribución del agua	Agua	Agotamiento del recurso por pérdidas de agua por fuga	2	4	2	1	1	1	11	LOCALIZADO	3	C	NO	MEDIO	SI	Programa para el control de Fugas.	Instalación de medidores de Agua.	

Anexo No. B PRESUPUESTO

ITEM	RECURSO	CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Humano	Asesorías con Profesionales	20 Clases	40.000,00	800.000,00
2	Humano	Servicios de Transportes	6 Transportes	20.000,00	120.000,00
3	Humano	Alimentación Refrigerios	3 Almuerzos	10.000,00	30.000,00
4	Logístico	Servicios de internet	25 consultas	1.500,00	37.500,00
5	Físico	Libros de consulta	1 Libro	40.000,00	40.000,00
6	Físico	Papelería y fotocopias	500 hojas/fotocopias	50,00	25.000,00
7	Humano	Impresión	500 hojas	500,00	250.000,00
8	Físico	Encuadernación	1 anillado	20.000,00	20.000,00
9	Físico	Técnicas educativas	10 folletos y/o plegables	2.000,00	20.000,00
10	Logístico	Fotografías	10 fotos	1.000,00	10.000,00
11	Físico	Compra CD	3 CD	1.000,00	3.000,00
12	Físico	Compra cuaderno	1 cuaderno	3.000,00	3.000,00
13	Humano	Horas de Trabajo	90 horas	22.000,00	1.980.000,00
14	Varios	Imprevistos		100.000,00	100.000,00
15	Varios	Edición Monografía		100.000,00	100.000,00
				Gran Total	3.538.500,00

Anexo No. C GLOSARIO

Para interpretar y aplicar este reglamento se tendrán en cuenta las siguientes definiciones:

Absorción: Concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión.

Abultamiento del lodo: Proliferación de organismos filamentosos en el licor mixto que causa un deterioro en la asentabilidad del lodo.

Acetogénesis: Etapa básica del proceso anaerobio en la cual los productos de la acidogénesis son convertidos en ácido acético, hidrógeno y gas carbónico.

Acidez: Capacidad de una solución acuosa para reaccionar con iones hidroxilo. Se mide cuantitativamente por titulación con una solución alcalina normalizada y se expresa usualmente en términos de mg/l como carbonato de calcio.

Acidogénesis: Etapa básica del proceso anaerobio en la cual las moléculas pequeñas, producto de la hidrólisis, se transforman en hidrógeno, gas carbónico y ácidos orgánicos (butírico, propiónico y acético).

Adsorción: Transferencia de una masa gaseosa, líquida o de material disuelto a la superficie de un sólido.

Afluente: Agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento.

Aguas crudas: Aguas de cualquier fuente (ya sea hídrica, marina o subterránea) o residuales que no han sido tratadas.

Aguas residuales municipales: Agua residual de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos humanos.

Aguas residuales: Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria.

Aguas servidas: Aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descargan materias fecales.

Aireación: Proceso de transferencia de masa, generalmente referido a la transferencia de oxígeno al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido).

Ambiente aerobio: Proceso que requiere o no es destruido por la presencia de oxígeno.

Ambiente anaerobio: Proceso desarrollado en ausencia de oxígeno molecular.

Ambiente anóxico: Ambiente bioquímico en el cual no existe oxígeno molecular pero existe oxígeno en forma combinada como nitratos y nitritos.

Análisis: Examen del agua, agua residual o lodos, efectuado por un laboratorio.

Bacteria: Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos carentes de clorofila, que desempeñan una serie de procesos de tratamiento que incluyen oxidación biológica, fermentaciones, digestión, nitrificación y desnitrificación.

Biodegradación Degradación de la materia orgánica por acción de microorganismos sobre el suelo, aire, cuerpos de agua receptores o procesos de tratamiento de aguas residuales.

Biopelícula: Película biológica adherida a un medio sólido que lleva a cabo la degradación de la materia orgánica.

Cámara: Compartimento con paredes, empleado para un propósito específico.

Carbón activado: Forma altamente adsorbente del carbón usado para remover olores y sustancias tóxicas de líquidos o emisiones gaseosas. En el tratamiento del agua este carbón se utiliza para remover materia orgánica disuelta del agua residual.

Carga de diseño: Producto del caudal por la concentración de un parámetro específico; se usa para dimensionar un proceso de tratamiento, en condiciones aceptables de operación. Tiene unidades de masa por unidad de tiempo, (M/T).

Carga orgánica: Producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (kg/d).

Carga superficial: Caudal o masa de un parámetro por unidad de área y por unidad de tiempo, que se emplea para dimensionar un proceso de tratamiento ($m^3/(m^2 \text{ día})$, $kg \text{ DBO}/(ha \cdot \text{día})$).

Clarificador: Tanque de sedimentación rectangular o circular usado para remover sólidos sedimentables del agua residual.

Cloración: Aplicación de cloro, o compuestos de cloro, al agua residual para desinfección; en algunos casos se emplea para oxidación química o control de olores.

Coliformes: Bacterias gramnegativas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35 o 37°C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44 o 44.5°C se

denominan coliformes fecales. Se utilizan como indicadores de contaminación biológica.

Concentración: Denomínese concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, a la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene.

Criterios de diseño 1. Normas o guías de ingeniería que especifican objetivos, resultados o límites que deben cumplirse en el diseño de un proceso, estructura o componente de un sistema. 2. Guías que especifican detalles de construcción y materiales.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ó Demanda de oxígeno: Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20°C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.

Desarenadores: Cámara diseñada para permitir la separación gravitacional de sólidos minerales (arena).

Descomposición anaerobia: Degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular por efecto de microorganismos. Usualmente va acompañada de la generación de ácidos y gas metano.

Desechos industriales Desechos líquidos de la manufactura de un producto específico. Usualmente son más concentrados y tienen mayores variaciones de caudal que los desechos domésticos.

Desechos peligrosos: Desechos potencialmente dañinos para el ambiente, debido a su toxicidad, alta capacidad de combustión, corrosividad, reactividad química u otra propiedad nociva.

Deshidratación de lodos: Proceso de remoción del agua de lodos hasta formar una pasta.

Desinfección: Destrucción de bacterias y virus de origen fecal en las aguas residuales, mediante un agente desinfectante, ya sea cloro, ozono o cualquier otro agente.

Digestión aerobia: Descomposición biológica de la materia orgánica de un lodo en presencia de oxígeno.

Digestión anaerobia: Descomposición biológica de la materia orgánica de un lodo en ausencia de oxígeno.

Digestión de alta tasa: Descomposición de lodos que requiere un proceso separado de espesamiento posterior a la digestión.

Digestión de tasa estándar: Descomposición de los lodos realizada en un tanque de tres zonas. En la parte alta se forma una capa de espuma y debajo el sobrenadante y la zona de lodos.

Digestión en dos etapas: Descomposición de lodos mediante dos procesos independientes de sedimentación y espesamiento.

Digestión: Descomposición biológica de la materia orgánica de un lodo en presencia de oxígeno.

Disposición en el suelo: Reciclaje de agua residual o lodos parcialmente tratados en el terreno, bajo condiciones controladas.

Disposición final: Disposición del efluente de una planta de tratamiento o de los lodos tratados.

Edad de lodo: Tiempo medio de residencia celular en el tanque de aireación.

Eficiencia de tratamiento: Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el afluente, para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico; normalmente se expresa en porcentaje.

Efluente: Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

Efluente final: Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Emisario: Canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado y las lleva a una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento y las lleva hasta el punto de disposición final.

Ensayos de infiltración: Pruebas realizadas en el suelo con el fin de determinar el área de absorción necesaria para el dimensionamiento de campos de infiltración.

Equipos electrónicos de Aforo: Aquellos que sirven para medir el caudal utilizando sensores electrónicos del tipo Efecto Doppler para conductos parcialmente llenos, o sensores ultrasónicos de nivel en el caso de canales abiertos.

Escorrentía: es un término geológico de la hidrología, que hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo.

Filtración intermitente: Aplicación intermitente de agua residual, previamente sedimentada, a un lecho de material granular, que es drenado para recoger y descargar el efluente final.

Filtro Anaerobio: Consiste en una columna llenada con varios tipos de medios sólidos usados para el tratamiento de la materia orgánica carbonácea en aguas residuales.

Filtro percolador: Tanque que contiene un lecho de material grueso, compuesto en la gran mayoría de los casos de materiales sintéticos o piedras de diversas formas, de alta relación área/volumen, sobre el cual se aplican las aguas residuales por medio de brazos distribuidores fijos o móviles. Este es un sistema de tratamiento aerobio.

Hidrólisis: Proceso químico en el cual la materia orgánica se desdobra en partículas más pequeñas por la acción del agua.

Índice volumétrico de lodo: Indica las características de sedimentabilidad del lodo.

Laguna aerobia: Término a veces utilizado para significar “laguna de alta producción de biomasa”. Lagunas de poca profundidad, que mantienen oxígeno disuelto (molecular) en todo el tirante de agua.

Laguna aireada: Estanque natural o artificial de tratamiento de aguas residuales en el cual se suple el abastecimiento de oxígeno por aireación mecánica o difusión de aire comprimido. Es una simplificación del proceso de lodos activados y según sus características se distinguen cuatro tipos de lagunas aireadas:

1. Laguna aireada de mezcla completa, 2. Laguna aireada facultativa, 3. Laguna facultativa con agitación mecánica y 4. Laguna de oxidación aireada.

Laguna anaerobia: Laguna con alta carga orgánica en la cual se efectúa el tratamiento en ausencia de oxígeno disuelto (molecular), con la producción de gas metano y otros gases como el sulfuro de hidrógeno (H_2S).

Laguna de alta producción de biomasa Estanque de forma alargada, con un corto período de retención, profundidad reducida y con facilidades de mezcla, que tiene la finalidad de maximizar las condiciones de producción de algas.

Laguna de estabilización: Se entiende por lagunas de estabilización los estanques construidos en tierra, de poca profundidad (1 - 4 m) y períodos de retención considerable (1 - 40 días). En ellas se realizan de forma espontánea procesos físicos, químicos, bioquímicos y biológicos, conocidos con el nombre de autodepuración o estabilización natural. La finalidad de este proceso es entregar un efluente de características múltiples establecidas (DBO, DQO, OD, SS, algas, nutrientes, parásitos, enterobacterias, coliformes, etcétera).

Laguna de maduración: Laguna de estabilización diseñada para tratar efluente secundario o agua residual previamente tratada por un sistema de lagunas (anaerobia - facultativa, aireada - facultativa o primaria - secundaria). Originalmente concebida para reducir la población bacteriana.

Laguna facultativa: Laguna de coloración verdosa cuyo contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día. En el estrato superior de una

laguna facultativa primaria existe una simbiosis entre algas y bacterias, en presencia de oxígeno; en los estratos inferiores se produce una biodegradación anaerobia de los sólidos sedimentables.

Lechos de secado: Dispositivos que eliminan una cantidad de agua suficiente de lodos para que puedan ser manejados como material sólido.

Licor Mixto: Mezcla de lodo activado y aguas residuales en el tanque de aireación que fluye a un tanque de sedimentación secundario en donde se sedimentan los lodos activados.

Lodo biológico: Lodo excedente que se genera en los procesos biológicos de las aguas residuales.

Lodos activados: Procesos de tratamiento biológico de aguas residuales en ambiente químico aerobio, donde las aguas residuales son aireadas en un tanque que contiene una alta concentración de microorganismos degradadores. Esta alta concentración de microorganismos se logra con un sedimentador que retiene los floculos biológicos y los retorna al tanque aireado.

Metales pesados: Son elementos tóxicos que tiene un peso molecular relativamente alto. Usualmente tienen una densidad superior a $5,0 \text{ g / cm}^3$ por ejemplo, plomo, plata, mercurio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, molibdeno, níquel, zinc.

Metanogénesis: Etapa del proceso anaerobio en la cual se genera gas metano y gas carbónico.

Mortalidad de bacterias: Medida de descomposición de la población bacteriana. Normalmente se expresa por un coeficiente cinético de primer orden.

Muestra compuesta: Mezcla de varias muestras alícuotas instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma.

Muestra integrada: Consiste en el análisis de muestras instantáneas tomadas simultáneamente en diferentes puntos o tan cerca como sea posible. La integración se hace de manera proporcional a los caudales medidos al tomar la muestra.

Muestra puntual: Muestra de agua residual tomada al azar en un momento determinado para su análisis.

Algunos parámetros deben determinarse in situ y otros en el laboratorio.

Muestreo automático: Los muestreadores automáticos pueden eliminar los errores humanos introducidos en el muestreo manual, reducir los costos, proveer un mayor número de muestreos; su uso se incrementa día a día. Debe asegurarse que el muestreador automático no contamine la muestra.

Muestreo manual: El que no se realiza con equipos. Puede ser muy costoso y demorado para muestreos a gran escala.

Oxígeno disuelto: Concentración de oxígeno medida en un líquido, por debajo de la saturación. Normalmente se expresa en mg/L.

Paso directo (By Pass): Conjunto de tuberías, canales, válvulas y compuertas que permiten desvío del agua residual de un proceso o planta de tratamiento en condiciones de emergencia o de mantenimiento correctivo.

pH: Logaritmo, con signo negativo, de la concentración de iones hidrógeno, en moles por litro, así: $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.

Planta de tratamiento (de agua residual): Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.

Planta piloto: Planta de tratamiento a escala de laboratorio o técnica, que sirve para el estudio de la tratabilidad de un desecho líquido o la determinación de las constantes cinéticas y los parámetros de diseño del proceso.

Población equivalente: Población estimada al relacionar la carga total o volumen total de un parámetro en un efluente (DBO, sólidos en suspensión, caudal) con el correspondiente aporte per cápita (kg DBO/ hab / día), L / hab / día.

Pre tratamiento: Procesos de tratamiento localizados antes del tratamiento primario.

Proceso biológico: Proceso en el cual las bacterias y otros microorganismos asimilan la materia orgánica del desecho, para estabilizar el desecho e incrementar la población de microorganismos (lodos activados, filtros percoladores, digestión, etcétera).

Procesos anaerobios de contacto: Los lodos del digestor de alta tasa son sedimentados en un digestor de segunda etapa. El digestor de segunda etapa opera como un tanque de sedimentación que permite la remoción de microorganismos del efluente. Los organismos, como en un proceso de lodos activados, retornan al digestor y se siembran en agua residual cruda.

Reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB): Proceso continuo de tratamiento anaerobio de aguas residuales en el cual el desecho circula de abajo hacia arriba a través de un manto de lodos o filtro, para estabilizar parcialmente de la materia orgánica. El desecho se retira del proceso en la parte superior; normalmente se obtiene gas como subproducto del proceso.

Requisitos de oxígeno: Cantidad de oxígeno requerida en la estabilización aerobia de la materia orgánica para reproducción o síntesis celular y metabolismo endógeno.

Sedimentación: Proceso físico de clarificación de las aguas residuales por efecto de la gravedad. Junto con los sólidos sedimentables precipita materia orgánica del tipo putrescible.

Sistemas de agitación mecánica: Sistemas para mezclar el contenido de digestores por medio de turbinas.

Sólidos activos: Parte de los sólidos volátiles en suspensión que representan los microorganismos.

Sólidos no sedimentables: Materia sólida que no sedimenta en un período de 1 hora, generalmente.

Sólidos sedimentables: Materia sólida que sedimenta en un periodo de 1 hora.

Tanque de aireación: Cámara usada para inyectar aire dentro del agua.

Tanque de compensación: Tanque utilizado para almacenar y homogeneizar el desecho, eliminando las descargas violentas.

Tanque Imhoff: Tanque compuesto de tres cámaras en el cual se realizan los procesos de sedimentación y digestión.

Tanque séptico: Sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas; combina la sedimentación y la digestión. Los sólidos sedimentados acumulados se remueven periódicamente y se descargan normalmente en una instalación de tratamiento.

Tasa de carga volumétrica: Corresponde a los kilogramos de sólidos volátiles adicionados por día y por metro cúbico de capacidad de digestor.

Tiempo de retención hidráulica: Tiempo medio teórico que se demoran las partículas de agua en un proceso de tratamiento. Usualmente se expresa como la razón entre el caudal y el volumen útil.

Trampa de llamas o atrapa llamas: Sistema detenedor de llamas en las conducciones de gas en los sistemas anaerobios de digestores de lodos.

Tratamiento anaerobio: Estabilización de un desecho por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno.

Tratamiento avanzado: Proceso de tratamiento fisicoquímico o biológico usado para alcanzar un grado de tratamiento superior al de tratamiento secundario. Puede implicar la remoción de varios parámetros, como remoción de sólidos en suspensión, complejos orgánicos disueltos, compuestos inorgánicos disueltos o nutrientes.

Tratamiento biológico: Procesos de tratamiento en los cuales se intensifican la acción natural de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente. Usualmente se utilizan para la remoción de material orgánico disuelto.

Tratamiento convencional: Procesos de tratamiento bien conocidos y utilizados en la práctica. Generalmente se refiere a procesos de tratamiento primario o secundario. Se excluyen los procesos de tratamiento terciario o avanzado.

Tratamiento preparatorio: 1. Acondicionamiento de un desecho antes de ser descargado en el sistema de alcantarillado. 2. Procesos de tratamiento localizados

antes del tratamiento primario (desmenuzado, cribas, desarenadores, etc.). Preparan el agua para el tratamiento posterior.

Tratamiento primario: Tratamiento en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual. Esta remoción normalmente es realizada por operaciones físicas como la sedimentación. El efluente del tratamiento primario usualmente contiene alto contenido de materia orgánica y una relativamente alta DBO.

Tratamiento secundario: Es aquel directamente encargado de la remoción de la materia orgánica y los sólidos suspendidos.

Tubo Pitot: Tubo doblado de forma especial, que al igual que el molinete es útil para medir velocidades en una tubería.

UASB: (Ver reactor anaerobio de flujo ascendente).

Vertederos: Son dispositivos que permiten determinar el caudal. Poseen una ecuación general que depende de la gravedad, de su geometría, de su espesor de pared. La variable independiente será siempre la altura de la lámina de agua sobre el nivel de referencia. De esta forma cualquier vertedero puede calibrarse mediante una curva de calibración del mismo con base en diferentes alturas de la lámina de agua de los diferentes caudales.



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.

ZODME: Zona de Manejo de Escombros y Material de Excavación. Es la Zona de disposición de material proveniente de excavación los cuales pueden ser temporales o definitivos.

Anexo No. D Tabla de Concentraciones máximas de Contaminantes – Lixiviados. (D. 4741/2005)

CONTAMINANTE	NUMERO CAS ¹	NIVEL MAXIMO PERMISIBLE EN EL LIXIVIADO (mg/L)
Arsénico	7440-38-2	5.0
Bario	7440-39-3	100.0
Benceno	71-43-2	0.5
Cadmio	7440-43-9	1.0
Tetracloruro de carbono	56-23-5	0.5
Clordano	57-74-9	0.03
Clorobenceno	108-90-7	100.0
Cloroformo	67-66-3	6.0
Cromo	7440-47-3	5.0
o-Cresol	95-48-7	200.0
m-Cresol	108-39-4	200.0
p-Cresol	106-44-5	200.0
Cresol	-	200.0
2,4-D	94-75-7	10.0
1,4-Diclorobenceno	106-46-7	7.5
1,2-Dicloroetano	107-06-2	0.5
1,1-Dicloroetileno	75-35-4	0.7
2,4-Dinitrotolueno	121-14-2	0.13
Endrín	72-20-8	0.02
Heptacloro (y sus epóxidos)	76-44-8	0.008
Hexaclorobenceno	118-74-1	0.13
Hexaclorobutadieno	87-68-3	0.5
Hexacloroetano	67-72-1	3.0
Plomo	7439-92-1	5.0
Lindano	58-89-9	0.4
Mercurio	7439-97-6	0.2
Metoxiclor	72-43-5	10.0
Metil etil cetona	78-93-3	200.0
Nitrobenceno	98-95-3	2.0
Pentaclorofenol	87-86-5	100.0
Piridina	110-86-1	5.0
Selenio	7782-49-2	1.0
Plata	7440-22-4	5.0
Tetracloroetileno	127-18-4	0.7
Toxafeno	8001-35-2	0.5
Tricloroetileno	79-01-6	0.5
2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	400.0
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	2.0
2,4,5-TP (silvex)	93-72-1	1.0
Cloruro de vinilo	75-01-4	0.2

Anexo No. E Análisis de Lodos Procedentes de Planta

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 1 de 2	



"Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 1659 de 2011, en los parámetros pH, DBO₅, DQO, SST, fenoles, SAAM, grasas y aceites en aguas, metales totales y disueltos en aguas, metales totales en suelos y toma de muestras puntuales y compuestas"





"Autorización del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 5534 de 2010, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano"

Informe de resultados No.	12-177	Fecha de emisión:	Abril 23 de 2012
Cliente:	EDGAR MAURICIO GALVIS VELASQUEZ		
Dirección del cliente:	Planta de Tratamiento de Aguas La Llana Campo		
Solicitud de servicio No.	12-175	No. de muestras:	01
Fecha de recepción de las muestras:	Abril 09 de 2012		
Muestras recibidas por:	Johanna Riveros		
Fecha de análisis:	Abril 10 de 2012 – Abril 20 de 2012		

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	12-175-01	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Lodo Residual del Decantador No 1		
Matriz de la muestra:	Lodo		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Barranca / Válvula Extractora No 2 del Decantador No 1		
Fecha del muestreo:	Abril 07 de 2012		

PARAMETRO	RESULTADO	MÉTODO
pH (Unidades de pH)	7,72	Potenciométrico
Humedad (%)	92,3	Gravimétrico
Cenizas (%)	6,38	Gravimétrico
Carbono Orgánico Oxidable Total (%C)	0,13	Titrimétrico
Nitrógeno (%N)	0,040	Kjeldhal-Titrimétrico
Relación (C/N)	3,25	Cálculo Matemático
Fósforo (%P ₂ O ₅)	0,018	Espectrofotométrico
Calcio (%Ca)	0,073	Absorción Atómica
Cobre (%Cu)	0,0003	Absorción Atómica
Magnesio (%Mg)	0,034	Absorción Atómica
Potasio (%K)	0,039	Absorción Atómica
Sodio (%Na)	0,007	Absorción Atómica
Hierro (%Fe)	0,28	Absorción Atómica
Zinc (%Zn)	0,002	Absorción Atómica
Manganeso (%Mn)	0,012	Absorción Atómica
Azufre (%S)	0,007	Espectrofotométrico
Cloruros (%Cl)	0,0052	Argentométrico
Aluminio (%Al)	0,43	Absorción Atómica

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16	
		Página 2 de 2	

Informe de resultados No. 12-177 Solicitud de servicio No. 12-175

Observaciones: *Ninguna*

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Revisó y aprobó:



Luz Yolanda Vargas Fiallo
 Directora del Laboratorio
 Química. Msc Química UIS
 MP PQ 1144

Elaboro: *Johanna Ríveros*

Anexo No. F INFORMACIÓN DEL COAGULANTE



LIPESA IPTC 110

POLIMERO COAGULANTE / FLOCULANTE

- Trabaja en un amplio rango de Ph (4-12)
- Sedimentación rápida de sólidos por el gran tamaño del floc.
- Totalmente miscible en agua.
- Elimina el color y materia orgánica
- Produce un excelente tamaño de floc por centrifugación.
- Deshidrata lodos sin alterar la carga del efluente final.
- Excelente relación costo-rendimiento

Usos principales

Lipesa IPTC 110 ha sido formulado especialmente para ser utilizado en la clarificación de aguas potables, residuales y de procesos en la deshidratación mecánica de lodos, de perforación y donde se requiere una floculación inmediata y un efluente libre de sólidos.

Descripción general

Lipesa IPTC 110 es un floculante catiónico orgánico líquido, con las siguientes características:

Color:	Ámbar
Olor:	Inodoro
Gravedad específica:	1,26 – 1,33 a 25 °C
pH al 15%:	3,5- 4,5 a 25 °C
Activo%:	min 22.5% Al₂O₃
Acidez:	11,5 – 12,5%

Dosis

La dosis de **Lipesa IPTC 110** es variable, dependiendo del tipo de aplicación y la calidad del efluente que se desee lograr. No obstante las dosis típicas son:

- Clarificación: 0.1 - 30 ppm
- Deshidratación de lodos 100 - 1000 ppm

En todo caso, el Representante Técnico de LIPESA le asesorará en el establecimiento de la dosis adecuada a su situación particular.

Modo de Empleo y Alimentación

LIPESA IPTC 110 debe alimentarse de una manera continua al proceso, en un punto de buena agitación y mezcla, utilizando bomba dosificadora de acero inoxidable o cualquier otro material resistente a la corrosión.

Despacho y almacenamiento


LIPESA IPTC 110 se despacha en tambores plásticos de 270 Kg y a granel. Puede almacenarse por seis (6) meses sin que se altere la calidad del producto.

Manejo y seguridad

LIPESA IPTC 110 no presenta ningún riesgo en el manejo. No es tóxico. Como todo producto químico debe manejarse con cuidado. En caso de contacto con los ojos, lavar y enjuagar con abundante agua por lo menos por 15 minutos. Al contacto con la piel y ropa de trabajo, lavar con abundante agua y jabón por 5 minutos. No lo ingiera, pero si ocurre accidentalmente, inducir al vómito y llamar al medico inmediatamente.

RM 07-08

Rev. 0

LIPESA	CERTIFICADO DE ENSAYO	FR-SIG-056		PÁG. 1/1
		F. APROB	F.REV.	No.
		3/2/2010		0
		Tocancipá, 25 de Abril de 2012		
PRODUCTO:	<u>L-IPTC110</u>	FECHA DE FABRICACION:		<u>25/4/2012</u>
No. LOTE:	<u>6376-165</u>	FECHA DE VENCIMIENTO:		<u>25/4/2013</u>
CANTIDAD Kg:	<u>**</u>	No. O.C:		<u>***</u>
** ORDEN DE PEDIDO		*** FACTURACIÓN		
ENSAYO		NORMA	RANGO	RESULTADOS
Estado Físico			LIQUIDO	LIQUIDO
Color			AMARILLO - ÁMBAR	ÁMBAR
Gravedad Específica		MDL-035	1,25-1,33 a 25°C	1,2984 (1,2946 a 34° C)
pH A 25°C	AL 100%	MDL-012		
	AL 1%	MDL-015	3,0 - 4,5 a 25°C	4,44
	AL 5% EN IPA	MDL-016		
Punto de Inflamación, °C/F TCT		MDL-038		
Punto de Inflamación, °C/F COC		MDL-041		
Densidad		MDL-035		
Viscosidad Cinemática, Centistoke		MDL-052		
Viscosidad Brookfield, (cps) Spindle a rpm		MDL-036		
Humedad %				
RSN		MDL-009		
Solubilidad		MDL-014		
Contenido de Sólidos %		MDL-005		
Índice de Refracción, Nd		MDL-034		
Contenido Activo %			MIN. 22,5	22,5
ENSAYOS ESPECÍFICOS	Acidez		10,22 - 11,99	10,46
	Saponificación	MDL-044		
	Amina Total	MDL-001		
	Otros			
 FIRMA DEL ANALISTA				
ESTE CERTIFICADO NO PUEDE SER REPRODUCIDO TOTAL NI PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL DPTO DE CALIDAD				
PLANTA LIPESA COLOMBIA: CARRETERA CENTRAL BOGOTÁ-TUNJA KM 30, TOCANCIPÁ. PBX:8786600 EXT:132 - 141				
www.lipesa.com				