

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA EL APROVECHAMIENTO DE LODOS GENERADOS EN LA PTAR DE PROCESAMIENTO CÁRNICO DE LA CADENA DE SUPERMERCADOS SANTA MARÍA S.A.**

#### **TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGOS EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**Daniel Antonio Aguilar Paredes**

daniel.aguilar01@epn.edu.ec

**Johanna Gabriela Villamarin Toapanta**

johanna.villamarin@epn.edu.ec

**DIRECTOR: ING. SANTIAGO S. GUERRA SALCEDO, M.Sc.**

santiago.guerra@epn.edu.ec

**CODIRECTORA: ING. MARÍA BELÉN ALDÁS, M.Sc.**

maria.aldas@epn.edu.ec

**Quito, enero 2022**

# CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Johanna Gabriela Villamarín Toapanta y el Sr. Daniel Antonio Aguilar Paredes como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnólogos en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo nuestra supervisión:

---

**Ing. Santiago Guerra, M.Sc**

DIRECTOR DEL PROYECTO

---

**Ing. María Belén Aldás, M.Sc**


CODIRECTORA DEL PROYECTO

## DECLARACIÓN

Nosotros, Johanna Gabriela Villamarín Toapanta con CI: 1724973829 y Daniel Antonio Aguilar Paredes con CI: 1718395112 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.


Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



---

**Aguilar Paredes Daniel Antonio**  
C.C. No. 1718395112  
daniel.aguilar01@epn.edu.ec



---

**Villamarin Toapanta Johanna Gabriela**  
C.C. No.1724973829  
johanna.villamarin@epn.edu.ec

# DEDICATORIA

A mi madre Mariana y a mi hermano Diego que desde el cielo siempre me cuidan y guían cada paso que doy, quienes han sido mi más grande motivación que me ha permitido obtener un logro más, gracias por enseñarme lo que es la humildad, esfuerzo y no temer a las adversidades.

A mi padre que, a pesar de mi edad, siempre está pendiente de mí y con sus palabras siempre me sacan de mi zona de confort y me obliga a crecer cada día, gracias por inculcar en mí la valentía, el respeto y el sacrificio.

A mis hermanas Paulina, Ximena y Viviana por brindarme su amor y apoyo incondicional cuando más lo necesito, gracias por ser mi modelo por seguir y mi fuente de superación.

A una persona muy especial que llegó a mi vida sin pensarlo, quien diría que llegaría a convertirse en mi inspiración y motivación, siendo mi alivio en esos tiempos más difíciles. Jessica mi amorcito este logro va por ti también.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a Rosita y Santiago, que durante toda mi vida han sabido apoyarme cuando más lo necesito y por brindarme su amor en los momentos difíciles, siempre los tengo presente en mi corazón.

**Daniel.**

## **DEDICATORIA**

A mi hija Sofía por ser mi fuente de motivación e inspiración constante, por brindarme con cada sonrisa esa felicidad incomparable, porque cada día al levantarme la miro y pienso que merece un futuro extraordinario y lleno de felicidad.

A mi madre y a mis abuelitos que han sido pilares fundamentales en mi vida para salir adelante, ellos que con su amor incondicional y sus sabios consejos, han logrado que me levante cada día con ganas de continuar.

A Yadira Pereira que ha sido como un ángel que llena mi vida de bendiciones y sin ella nada de esto hubiese sido posible y este camino jamás hubiese comenzado.

**Gabriela.**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción .....	1
1.1	Objetivo general.....	2
1.2	Objetivos específicos .....	2
1.3	Fundamentos teóricos .....	2
1.3.1	Definición de lodos residuales .....	2
1.3.2	Producción de lodos en una planta de tratamiento .....	2
1.3.3	Métodos de tratamiento para lodos residuales.....	4
1.3.4	Métodos de aprovechamiento de lodo de agua residual industrial .....	7
1.3.5	Normativa nacional e internacional para el uso y aprovechamiento de lodos residuales .....	8
2	METODOLOGÍA .....	12
2.1	Evaluación inicial .....	12
2.1.1	Visita a la planta de tratamiento .....	12
2.1.2	Manejo de sólidos y lodos dentro de la planta.....	19
2.2	Caracterización de lodos residuales provenientes del proceso de deshidratación	20
2.2.1	Planificación .....	20
2.2.2	Trabajo en campo y operaciones .....	21
2.2.3	Análisis de información .....	25
2.3	Planteamiento de alternativa ambiental y económicamente viable para el aprovechamiento de los lodos residuales .....	25
2.4	Elaboración del manual de aprovechamiento de lodos de la planta de tratamiento de agua residual.....	25
3	Resultados y Discusión.....	27
3.1	Ubicación de la PTAR de la empresa Supermercados Santa María S.A.....	27
3.2	Evaluación inicial PTAR.....	28
3.3	Resultados de la caracterización y comparación con la normativa de los lodos residuales generados en la PTAR. ....	28
3.3.1	Resultados de los lodos residuales analizados en laboratorio .....	29

3.3.2	Comparación de resultados obtenidos en laboratorio con la normativa.....	32
3.4	Planteamiento de una alternativa ambiental y económicamente viable para el aprovechamiento de lodos residuales. ....	35
3.4.1	Análisis de los involucrados.....	36
3.4.2	Selección de la alternativa optima de aprovechamiento de los lodos.....	36
3.5	Manual de aprovechamiento de lodos residuales de la planta de tratamiento de agua residual.....	42
4	Conclusiones y Recomendaciones .....	43
4.1	Conclusiones .....	43
4.2	Recomendaciones .....	44
5	Referencias.....	45
6	ANEXOS.....	i
	ANEXO 1: cadena de custodia de toma de muestra de lodo .....	i
	ANEXO 2: análisis de laboratorio .....	ii
	ANEXO 3: Manual para el aprovechamiento de lodos generados en la PTAR de procesamiento cárnico de la cadena de supermercados santa maría s.a. ....	v

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Características del lodo residual según su origen.....	3
<b>Figura 2</b>	Cámara de desposte .....	13
<b>Figura 3</b>	Procesos del sistema de tratamiento de agua residual.....	14
<b>Figura 4</b>	Tamiz de separación de sólidos gruesos.....	15
<b>Figura 5</b>	Tanque de captación y bombas sumergibles.....	15
<b>Figura 6</b>	Tamiz retención de finos .....	16
<b>Figura 7</b>	Especificaciones técnicas tanque de homogenización .....	16
<b>Figura 8</b>	Especificaciones técnicas tanque de aireación.....	17
<b>Figura 9</b>	Sistema de aireación.....	17
<b>Figura 10</b>	Tanque sedimentador .....	18
<b>Figura 11.</b>	Tanque de cloración.....	19
<b>Figura 12.</b>	Cotización parámetros de análisis.....	21
<b>Figura 13</b>	Coordenadas y condiciones ambientales del sitio de muestreo.....	22
<b>Figura 14</b>	Toma de muestra análisis biológico.....	22
<b>Figura 15</b>	Toma de muestras análisis desechos peligrosos.....	23
<b>Figura 16</b>	Toma de muestras análisis de biodegradabilidad .....	23
<b>Figura 17</b>	Toma de muestra análisis lixiviados, metales, y transporte .....	24
<b>Figura 18</b>	Muestreo .....	24
<b>Figura 19</b>	Ubicación PTAR Supermercados Santa María.....	27
<b>Figura 20</b>	Aplicación de lodos en el terreno.....	41
<b>Figura 21</b>	Resultados después de la aplicación.....	41



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Límites máximos permisibles para metales pesados en lodos residuales .....	9
<b>Tabla 2</b> Límites máximos permisibles de patógenos en lodos residuales .....	9
<b>Tabla 3</b> Límites máximos permisibles para metales en biosólidos .....	10
<b>Tabla 4</b> Límites máximos permisibles de patógenos en lodos y biosólidos .....	10
<b>Tabla 5</b> Aprovechamiento de biosólidos .....	11
<b>Tabla 6</b> Producción y costo de gestión de lodos residuales .....	28
<b>Tabla 7</b> Resultados de análisis de metales pesados .....	29
<b>Tabla 8</b> Resultados de análisis de patógenos.....	30
<b>Tabla 9</b> Resultados de análisis de peligrosidad .....	30
<b>Tabla 10</b> Resultados de análisis nutrientes, humedad y sólidos volátiles.....	31
<b>Tabla 11</b> Resultado análisis de pH .....	31
<b>Tabla 12</b> Resultados de análisis de metales comparación con la normativa.....	32
<b>Tabla 13</b> Resultados de análisis de patógenos y comparación con la normativa.....	33
<b>Tabla 14</b> Clasificación de lodos residuales según el contenido de patógenos .....	33
<b>Tabla 15</b> Aprovechamiento de biosólidos según su clase.....	34
<b>Tabla 16</b> Análisis de peligrosidad y comparación con la normativa.....	35
<b>Tabla 17</b> Matriz de decisión para alternativa de aprovechamiento de lodos residuales .....	39

## RESUMEN

El presente trabajo describe la elaboración de un manual, para el aprovechamiento de lodos generados en la PTAR de procesamiento cárnico de la cadena de Supermercados Santa María S.A., en el cantón Mejía.

La investigación inició con la identificación de todas las actividades generadoras de aguas residuales, entre las principales tenemos limpieza de instalaciones de faenamiento, almacenamiento, corte y empaque de reses. Se determinó que los principales contaminantes son grasas, detergentes y material sólido, también se identificó que se cuenta con una trampa de grasa y un desarenador, previo al tratamiento

La depuración de las aguas residuales se realiza por tratamiento biológico de lodos activados, lo cual genera biosólidos al final del proceso, estos son deshidratados mediante un filtro prensa. Para efecto de nuestro estudio fueron cuantificados en masa dentro de un periodo de tiempo, y posteriormente caracterizados y analizados mediante un laboratorio acreditado. Dicho análisis determinó que los lodos residuales no poseen características de peligrosidad CRETIB en su composición, además se cuantificó la cantidad de nutrientes, lo que permitió elegir una alternativa de aprovechamiento adecuada.

Finalmente, se elaboró un manual que describe la técnica de aplicación directa del lodo residual sobre el suelo siempre y cuando se cumplan todos los requisitos establecidos en la normativa CFR 40 PARTE 503 "Normas para el Uso o Eliminación de Lodos Residuales" de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) y la Norma Oficial Mexicana NOM-004SEMARNAT-2002. Este manual de fácil entendimiento y fue entregado a la empresa.

**PALABRAS CLAVE:** Lodos residuales, aprovechamiento de lodos, manual de aprovechamiento, mejoramiento del suelo, tratamiento de aguas residuales.

## ABSTRACT

This work describes the development of a manual for the use of sludge generated in the meat processing WWTP of the chain of Supermercados Santa María S.A., in the Mejía canton.

The investigation began with the identification of all wastewater generating activities, among the main ones we have cleaning of slaughter, storage, cutting and packing facilities of cattle. It was determined that the main contaminants are fats, detergents and solid material, it was also identified that there is a grease trap and a grit remover, prior to treatment.

Wastewater treatment is carried out by biological treatment of activated sludge, which generates biosolids at the end of the process, these are dehydrated by means of a filter press. For the purpose of our study, they were quantified an masse within a period of time, and later characterized and analyzed by an accredited laboratory. Said analysis determined that the residual sludge does not have CRETIB dangerous characteristics in its composition, in addition the amount of nutrients was quantified, which allowed choosing an alternative for adequate use.

Finally, a manual was elaborated that describes the technique of direct application of residual sludge on the ground as long as all the requirements established in the regulation CFR 40 PART 503 "Norms for the Use or Elimination of Residual Sludge" of the Agency of Environmental Protection of the United States (US-EPA) and the Official Mexican Standard NOM-004SEMARNAT-2002. This manual is easy to understand and was delivered to the company.

**KEYWORDS:** Sewage sludge, sludge utilization, utilization manual, soil improvement, sewage treatment.

# 1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad las aguas residuales representan ser un problema para la mayoría de las industrias, sobre todo en el alimentario, ya que se utilizan grandes volúmenes de agua potable para ejecutar sus procesos y a su vez se genera gran cantidad de aguas contaminadas, lo que conlleva a implementar tratamientos, con el fin disminuir daños al ambiente (GRUPO VENTO, 2018).

Las aguas residuales provenientes de la industria cárnica necesitan ser tratadas en su totalidad lo cual representa un gasto económico, una necesidad ambiental y de higiene pública, considerando así, a los efluentes originados en el faenamiento y elaboración de productos derivados, como una de las principales fuentes de contaminación en la industria cárnica (Muñoz, 2005). Durante el proceso de depuración, se generan subproductos, dentro de estos tenemos principalmente a los lodos residuales, mismo que es considerado el de mayor volumen, por lo tanto, su manejo, transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final resultan ser más complejos (Eddy, 1995).

La PTAR instalada en la empresa Supermercados Santa María S.A., en Machachi, está diseñada para tratar un caudal máximo de aguas residuales de la industria cárnica de 110 m<sup>3</sup>/día. Este sistema de tratamiento está compuesto por los siguientes procesos: captación, tamizado, homogenizado, tratamiento biológico con lodos activados mediante aireación extendida, sedimentación, desinfección y deshidratación de lodos; siendo este último el mayor generador de residuos para la planta, a la cual le toma un lapso de dos horas y media, durante todos sus procesos, alcanzar una condición estable, en la calidad de salida del efluente (AquaGroup, 2018).

En la PTAR la disposición final de los lodos derivados del tratamiento de agua residual es un tanto compleja y se da debido a que constituyen un residuo que es necesario gestionar, entonces se presentan situaciones en las que el costo por concepto de gestores ambientales (\$90 por cada 200kg de residuo) supera a los asociados con el tratamiento de agua residual. Esto resulta un poco contradictorio ya que en el intento de remediar el daño ambiental mediante el tratamiento de agua residual se termina generando un nuevo problema en forma de lodos (Montes, 2010).

Actualmente los lodos producidos en la PTAR de Supermercados Santa María S.A., pasan por un filtro prensa en donde son deshidratados y posteriormente son depositados en un tanque, a la espera de un gestor ambiental para que se encargue de la disposición final (AquaGroup, 2018). El interés de la empresa es dar una gestión responsable y amigable con

el ambiente, por lo cual surge la necesidad de generar una propuesta en forma de manual de aprovechamiento de los lodos generados y cumplir con el interés y objetivo de la empresa de dar una correcta gestión a los lodos residuales de su PTAR (AquaGroup, 2018).

## **1.1 Objetivo general**

Elaborar un manual de aprovechamiento de lodos de la planta de tratamiento de agua residual del proceso de manufactura cárnica de la cadena de Supermercados Santa María S.A.

## **1.2 Objetivos específicos**

- Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales y la producción correspondiente a lodos residuales.
- Caracterizar los lodos residuales provenientes del proceso de deshidratación.
- Plantear una alternativa ambiental y económicamente viable para el aprovechamiento de los lodos y desarrollarla en forma de manual.

## **1.3 Fundamentos teóricos**

### **1.3.1 Definición de lodos residuales**

Se definen a los lodos como un residuo sólido proveniente del tratamiento de agua residual, el cual está conformado de sólidos que se forman en los distintos tratamientos y como resultado de la transformación de los sólidos disueltos y coloidales, básicamente es una mezcla conformada por una fase sólida suspendida en un medio líquido (Cisneros, 2015).

### **1.3.2 Producción de lodos en una planta de tratamiento**

Los lodos generados en una planta de tratamiento de agua residual son un producto principalmente de los procesos primario y secundarios (Díaz, 2015).

Los lodos primarios resultan de la primera sedimentación que se da en el tratamiento, en este proceso son removidos los sólidos más pesados es decir los sólidos sedimentables. El volumen depende de algunos factores, dentro de ellos tenemos la carga superficial y también tiempo de retención, en la sedimentación primaria la adición de químicos produce más lodo de lo habitual, esto se da ya que existe una mejor remoción y la precipitación química de la materia coloidal es mucho mayor (SEMARNAT, 2015).

Por otra parte, los lodos secundarios se producen por los tratamientos biológicos que transforman los lodos en biomasa y se conforman en gran parte por material particulado que se encuentra en el agua posterior a la sedimentación primaria, el volumen depende de varios factores como son la eficiencia del tratamiento, la relación de sólidos suspendidos totales

(SST) y la cantidad de sustrato soluble. (Eddy, 1995). También los lodos se originan de los reactores biológicos y pasan a los sedimentadores secundarios para ser separados o decantados por los sedimentadores, estos poseen una tolva en su base, la cual almacena los lodos sedimentados, a la espera de la correspondiente extracción (Macías, 2013).

En la **Figura 1** se muestran las características de los lodos según su origen.

LODO	DESCRIPCIÓN
Tamizado	Todo tipo de basura, material orgánico e inorgánico removido en rejilas o tamices
Arenas	Partículas que sedimentan con alta velocidad especialmente arenas y algunas partículas orgánicas
Grasas y Aceites	Provenientes de la superficie de sedimentadores primarios y secundarios. Pueden ser grasas minerales y vegetales, detergentes, desechos de alimentos, desechos plásticos, papel, algodón y materiales similares. Gravedad específica entre 1.0 y 0.95
Lodo Primario	Alta concentración de materia orgánica, tiene un olor extremadamente ofensivo
Lodo de tratamiento químico	El lodo de precipitación con sales metálicas es generalmente de color oscuro, por presencia de hierro. El lodo encalado es de color café claro. Lodos de tratamientos con aluminio y hierro son gelatinosos. Tienen mal olor, pero no tan ofensivo como los lodos primarios
Lodos activados	Son de color café. Si el lodo es oscuro significa que está séptico, si el lodo es muy claro significa que le falta aireación que no sedimenta fácilmente. Lodo típico tiene olor a tierra mojada. Puede descomponerse rápidamente y genera muy mal olor
Lodo de filtros percoladores y biosólidos	Tienen aspectos de humus. Se descomponen lentamente y generan menos olor. Se estabilizan con facilidad
Lodos de estabilización aerobia	Son de color café a café oscuro y están formados de floculos biológicos. Si están bien estabilizados no producen mal olor y se deshidratan bien en lechos de secado
Lodos de estabilización anaerobia	Son de color oscuro o negro y contienen altas cantidades de gases. Estos lodos según su origen producen gas metano

**Figura 1** Características del lodo residual según su origen

Fuente: (SEMARNAT, 2015)

### **1.3.3 Métodos de tratamiento para lodos residuales**

El tratamiento de los lodos es uno de los procesos más importantes y se puede llevar a cabo mediante varios métodos dentro de los más conocidos tenemos el espesamiento, la deshidratación y la estabilización. Es importante conocer que cada uno de estos métodos son aplicados siguiendo o conociendo la composición y las características del lodo, así como el tipo de disposición final que se le vaya a dar (Díaz, 2015).

Los lodos residuales reciben el tratamiento, con el fin de reducir su volumen y estabilizarlos antes de su disposición final. Estos, a su vez pueden ser sometidos a diferentes procesos para convertirlos en un material aprovechable (Miguel A. Montes-Morán, 2010) .

#### **Espesamiento de lodos**

El espesamiento es la primera fase en el tratamiento de lodos y es inevitable, es un método desarrollado alrededor de 1950; y existe de dos tipos: espesamiento por gravedad y por flotación. De esta manera se consigue mejorar la operación de los digestores, rebajar el costo de la digestión y reducir el volumen del lodo. En el espesamiento por gravedad el principio predominante es la decantación, el lodo espesado se extrae del fondo mediante el sistema de bombas acopladas al tanque de espesamiento y cuentan con rascadores que barren el fondo para facilitar la evacuación. Por su parte, en el espesamiento basado en la flotación el lodo espesado tiende a concentrarse en la superficie del tanque de flotación, y es removido del mismo por palas que barren el sobrenadante (Miguel A. Montes-Morán, 2010).

#### **Deshidratación**

La deshidratación consiste en un proceso físico cuyo fin es el de menorar la cantidad de agua contenida en un cuerpo o material. Los lodos residuales contienen sustancias disgregadas llamados coloides cuyas propiedades provocan que las partículas sólidas almacenen agua entre ellas, esto provoca que los sólidos se unan fuertemente haciendo difícil su separación. Éste fenómeno se supera desestabilizando los coloides a través de procedimientos físicos, térmicos y químicos, como la floculación (Cubillos, 2009).

Las dos tecnologías de deshidratación de lodos más importantes son: el empleo de filtros banda o filtros prensa, además existen los filtros de membrana y filtración a vacío, aunque estas últimas son poco comunes. Los filtros bandas se basan en hacer circular un lodo escurrido entre dos cintas que presionan progresivamente el lodo, este aplastamiento se lo consigue mediante el ajustado alrededor de tambores perforados y rodamientos que tensionan las cintas consiguiendo que parte del agua se escurra eficientemente. Los filtros prensa, por otro lado, consisten en forzar al líquido al paso por un medio filtrante dejando una

masa de sólidos atrapada entre las telas de filtración, el filtrado escurre por conductos internos y se descarga hacia fuera de la prensa (Cubillos, 2009).

## **Estabilización de lodos**

La estabilización de lodos abarca actividades destinadas a eliminar contaminantes presentes y obtener un lodo homogéneo y estable. La estabilización se puede alcanzar de manera biológica y no biológica, entre los principales se tiene, estabilización anaerobia, estabilización aerobia, estabilización por compostaje y estabilización por vermicompostaje (Condorchem Envitech, 2020).

### **Estabilización anaerobia**

La estabilización anaerobia es un proceso que se utiliza en los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales. Este procedimiento se debe considerar para lodos generados en la sedimentación primaria y para caudales promedios diarios de 11000-19000 m<sup>3</sup>/d. La estabilización anaerobia forma parte del sistema de tratamiento de lodos y su fin es de amenorar la masa de sólidos de las aguas residuales, estabilizando lodos remanentes, produciendo biogás y beneficiándose de su uso. La estabilización anaerobia transforma los componentes orgánicos presentes en la materia en metano, dióxido de carbono y masa microbiana, mediante un complejo sistema de reacciones bioquímicas y la intervención de microorganismos en la degradación de la materia orgánica (Morales, 2016).

Las principales ventajas y desventajas que presenta la estabilización anaerobia son:

#### Ventajas

- Produce biogás, el mismo que es empleado para el funcionamiento del reactor.
- Reduce el 30 a 40 por ciento de los sólidos totales.
- En el proceso destruye un cierto número de organismos patógenos.

#### Desventajas

- Es un procedimiento antiguo y se utiliza en las plantas de tratamiento de gran tamaño.
- Se requiere un reactor de gran volumen debido al lento crecimiento de las bacterias metanogénicas, lo que genera altos costos de construcción.
- Existe posibilidad de explosión por la mezcla de metano y oxígeno debido a fugas o a un mal mantenimiento.



## **Estabilización aerobia**

La estabilización aerobia de los lodos tiene como propósito bajar la carga de materia orgánica biodegradable logrando así la generación de olores durante su manejo y disposición final. El proceso se da debido a que la materia biodegradable se oxida directamente con el material celular microbiano. Este proceso es más usado en plantas con caudales menores de 19000 m<sup>3</sup>/d y se logran porcentajes de reducción de los sólidos suspendidos volátiles de 40-50 por ciento (Morales, 2016).

Las principales ventajas y desventajas que presenta la estabilización anaerobia son:

### **Ventajas**

- Bajos costos de capital para instalaciones con capacidad inferiores de 19000 m<sup>3</sup>/d.
- Produce sobrenadantes que suelen ser fáciles de tratar.
- No hay peligro de explosiones y asfixias.
- Operación simple.

### **Desventajas**

- Mayores costos de energía que cualquier otro proceso de estabilización, especialmente la estabilización anaerobia mesofílica tradicional.
- Reducción limitada de patógenos excepto para la estabilización aerobia termófila (DAT).
- Reducción de sólidos excepto para DAT.
- Baja destrucción de microorganismos patógenos en la estabilización aerobia convencional sin calentamiento.

## **Estabilización por compostaje**

Mediante el compostaje aerobio se logra estabilizar a los lodos residuales permitiendo cumplir con la NOM-004-SEMARNAT-2002 y catalogarlo como un biosólido de clase A, además el compostaje aerobio provoca una disminución considerable de patógenos llegando a cumplir con los requerimientos descritos en el CFR-40 parte 503 de la EPA. Para disminuir la cantidad de patógenos contenidos dentro del lodo residual la temperatura debe mantenerse en los 55 °C durante un período de por lo menos 10 días continuos, caso contrario podrían desarrollarse microorganismos patógenos. El composteo es una técnica efectiva de estabilización de lodos cuando se quieren lograr compostas de alta calidad para su uso en la agricultura, en viveros y para la comercialización como abono orgánico o mejorador de suelo. De esta forma este proceso se puede considerar costo-efectivo ya que la venta de la composta puede disminuir o pagar completamente los costos de operación y mantenimiento (SEMARNAT, 2015).

Los principales objetivos de esta tecnología son:

- Estabilizar la materia orgánica para convertirla en humus
- Reducir la concentración de microorganismos patógenos
- Proporcionar estabilización adicional, eliminando la generación de olor y la atracción de vectores
- Producir un material estable, manejable que pueda usarse como acondicionador de suelo o comercializarse

#### **1.3.4 Métodos de aprovechamiento de lodo de agua residual industrial**

Para el aprovechamiento de lodos que ya han pasado por un tratamiento previo, se emplean prácticas que permitan alcanzar beneficios tanto ambientales como económicos, entre estas prácticas tenemos procesos como el compostaje, el uso de lodo en el mejoramiento del suelo, entre otros.

##### **Compostaje**

Para obtener el compost el lodo deshidratado es mezclado con materiales que logran aumentar el contenido de sólidos, proveer carbono suplementario e incrementar la porosidad. Entre los materiales más utilizados están el aserrín, hojas, cascarilla, entre otros, y que forman parte del producto terminado y son seleccionados basados en su disponibilidad y costo (Tchobanoglous, 2004).

- El lodo mezclado tiende a aumentar su temperatura debido a la actividad bacteriana hasta lograr el grado al cual los microorganismos patógenos se destruyen.
- La aireación de la mezcla se realiza en un periodo de 15 a 30 días mediante sopladores.
- El compost se cura durante 30 a 60 días para completar el proceso de estabilización.

El control de algunas condiciones que influyen directamente sobre el proceso es sumamente importante para su funcionamiento óptimo, entre los cuales se tiene temperatura, pH, aireación, contenido de humedad, relación carbono/nitrógeno (Tchobanoglous, 2004).

##### **Lechos de secado**

Los lodos son dispuestos en estanques de mediana altura que contienen grava y arena y que poseen un sistema de drenaje. El deshidratado de los lodos se logra dos formas, la una referida a la infiltración del agua a través de un medio filtrante y posterior eliminación por drenes, y la otra forma se la realiza por evaporación.

La naturaleza de los lodos y las condiciones climatológicas son dos factores que determinan el rendimiento de los lechos de secado, este procedimiento requiere un área de 0.1 a 0.3 m<sup>2</sup>/habitante. El lodo secado de esta manera se lo puede utilizar en agricultura ya que contiene más del 50% de materia seca, normalmente en el periodo de secado hay crecimiento de vegetación (Ramalho, 2000).

### **Aplicación de los lodos sobre terreno**

Los lodos luego de haber recibido un tratamiento previo normalmente se encuentran en estado líquido, estado viscoso o en arenas finas. Los lodos líquidos contienen mayor cantidad de nutrientes y son voluminosos a comparación de los lodos secos, además que poseen una buena cantidad de agua, con lo que permite el ahorro de agua de riego después de su aplicación. Los lodos secos tienden a no recuperan la humedad, esto representa inconvenientes para el terreno (Gamrasni, 1985).

Al verter el lodo en estado líquido este aporta con el 95% de agua, la misma que cumplirá con el mismo ciclo del agua de riego, es decir, infiltración en el suelo, evaporación, evapotranspiración de las plantas y escurrimiento sobre el terreno. (Díaz, 2015)

### **1.3.5 Normativa nacional e internacional para el uso y aprovechamiento de lodos residuales**

En el Ecuador se carece de una normativa referente al control de los límites máximos permisibles de contaminantes de lodos residuales, entonces al realizar cualquier tipo de investigación que trata sobre el uso y aprovechamiento de los mismos se interpone esta ausencia de normativa ecuatoriana. En este sentido, se recurre a optar como válida una normativa internacional vigente, la misma que será previamente validada por la Autoridad Ambiental Nacional. Entre las normas usualmente aplicables en el Ecuador se tiene: CFR 40 PARTE 503 "Normas para el Uso o Eliminación de Lodos Residuales" de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) o la Norma Oficial Mexicana NOM-004SEMARNAT-2002.

### **US-EPA CFR 40 PARTE 503 Normas para el uso o eliminación de lodos residuales**

Esta norma proporciona información acerca de los límites máximos permisibles de contaminantes que debe contener el lodo residual, describe también las prácticas de gestión y las normas que se deben cumplir para el uso y disposición de los lodos generados en los procesos de tratamiento de aguas residuales.

Para el objetivo de este estudio se tomó a consideración la información de los valores de concentración que deben tener los lodos en cuanto a metales pesados, a continuación, se muestra la concentración de contaminantes para aplicación en tierras agrícola y la concentración máxima para ser considerados no peligrosos. (Ver **Tabla 1**).

**Tabla 1** Límites máximos permisibles para metales pesados en lodos residuales

Fuente: (Núñez, 2009)

CONTAMINANTE	CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES PARA APLICACIÓN	CONCENTRACIÓN MÁXIMA
	[mg/kg]	[mg/kg]
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cobre	1500	4300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Niquel	420	420
Selenio	100	100
Zinc	2800	7500

La norma diferencia o clasifica en dos tipos a los biosólidos, clase A y B, cada grupo tiene sus características y deben cumplir con cierta cantidad de patógenos (Coliformes Fecales, Salmonella spp y Huevos de Helminto), como requisito para su posterior uso o disposición sobre el suelo. La **Tabla 2** muestra los límites máximos permisibles de patógenos.

**Tabla 2** Límites máximos permisibles de patógenos en lodos residuales

Fuente: (Núñez, 2009)

CLASE	Coliformes fecales [NMP/g]	Salmonella spp. [NMP/4g]	Huevos de helmintos [NMP/4g]
<b>A</b>	Menor de 1000	Menor de 3	Menor de 1
<b>B</b>	Menor de 2000000	Menor de 3	Mayor de 1

Según lo describe la norma el contenido de patógenos es determinante para la aplicación del lodo, ya que los lodos de Clase A son considerados los de mejor calidad y pueden ser aplicados en cultivos de consumo directo sin ningún tipo de restricción mientras que los lodos de Clase B únicamente pueden ser aplicados en mejoramiento de suelos o como parte de la cobertura para rellenos sanitarios y limitan su aplicación a cultivos de consumo directo.

## NOM-004-SEMARNAT-2002

La norma NOM-004-SEMARNAT-2002, proporciona información acerca de los límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos con el fin de controlar el aprovechamiento o disposición final dando así garantías de protección al ambiente y salud de los seres humanos.

La norma establece una clasificación de excelente o bueno según el contenido de metales y de acuerdo con el contenido de patógenos califica como A, B y C.

Tanto la **Tabla 3**, como la

**Tabla 4** muestran los límites máximos permisibles, para metales en biosólidos y límites máximos permisibles de patógenos, respectivamente.

**Tabla 3** Límites máximos permisibles para metales en biosólidos

Fuente: (SEMARNAT, 2003)

CONTAMINANTE	EXCELENTES [mg/kg] EN BASE SECA	BUENOS MÁXIMA [mg/kg] EN BASE SECA
<b>Arsénico</b>	41	75
<b>Cadmio</b>	39	85
<b>Cobre</b>	1500	4300
<b>Plomo</b>	300	840
<b>Mercurio</b>	17	57
<b>Níquel</b>	420	420
<b>Selenio</b>	100	100
<b>zinc</b>	2800	7500

**Tabla 4** Límites máximos permisibles de patógenos en lodos y biosólidos

Fuente: (SEMARNAT, 2003)

CLASE	Coliformes fecales [NMP/g]	Salmonella spp. [NMP/4g]	Huevos de helmitos [NMP/4g]
<b>A</b>	Menor de 1000	Menor de 3	Menor de 1
<b>B</b>	Menor de 1000	Menor de 3	Menor de 10

<b>C</b>	Menor de 2000000	Menor de 300	Menor de 35
----------	---------------------	--------------	-------------

Una vez que el lodo cumple con todos los límites permisibles expresados en la normativa. Se establece el aprovechamiento considerando el tipo y clase, además de un porcentaje de humedad hasta el 85%, como se muestra en **Tabla 5**.

**Tabla 5** Aprovechamiento de biosólidos

Fuente: (SEMARNAT, 2003)

TIPO	CLASE	APROVECHAMIENTO
<b>Excelente</b>	<b>A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usos urbanos con contacto directo durante su aplicación.</li> <li>• Los establecidos para clase B y C.</li> </ul>
<b>Excelente o bueno</b>	<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usos urbanos sin contacto directo durante su aplicación.</li> <li>• Los establecidos para clase C.</li> </ul>
<b>Excelente o bueno</b>	<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usos forestales.</li> <li>• Mejoramiento de suelos.</li> <li>• Usos agrícolas.</li> </ul>

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Evaluación inicial

#### 2.1.1 Visita a la planta de tratamiento

La recolección e interpretación de información se realizó mediante una visita técnica a la PTAR instalada en la empresa Supermercados Santa María S.A. ubicada en la ciudad de Machachi. La PTAR está diseñada para tratar un caudal máximo de aguas residuales industriales de 110 m<sup>3</sup>/día. Se constató que para el tratamiento de aguas residuales se utiliza un tratamiento biológico de lodos activados mediante aireación extendida, cumpliendo con las normas ambientales establecidas en el Libro VI del TULSMA, Anexo I.

Durante la visita se pudo observar que la procedencia de las aguas residuales se da por el uso variado y específico del agua, estos van desde los procesos de faenamiento de las reses y limpieza diaria de las instalaciones, hasta el lavado de manos e instrumentos de los trabajadores.

El proceso de manufactura cárnica en Supermercados Santa María S.A., según lo indica el jefe de calidad de la planta, inicia con la recepción de reses enteras y provienen de camales certificados, previo a dicha recepción se realiza la limpieza y desinfección de las áreas cuidando que no haya ningún contaminante de carácter orgánico, las superficies limpias son validadas por el laboratorio interno que posee la empresa mediante luminometría, técnica que emite una cantidad de luz directamente proporcional a la cantidad de materia orgánica detectada. A continuación, la res es almacenada en la cámara de maduración durante 1 día, en un cuarto cerrado y a oscuras, esto ayuda a que la carne pueda ablandarse ya que su cantidad de ácido láctico aumenta y su pH desciende hasta alcanzar 5.5. Una vez alcanzado dicho pH la res pasa a la cámara de desposte donde es procesada mediante cierras industriales y clasificada según su categoría de corte (**ver Figura 2**). En este proceso se genera gran cantidad de aserrín producto del corte de los huesos, por lo cual al finalizar cada turno el personal procede a realizar la limpieza de las áreas. Para esta actividad se recoge la mayor cantidad de desechos sólido posible, sin embargo, una parte del aserrín es enviada por los desagües



**Figura 2** Cámara de desposte

El agua de todos los procesos mencionados anteriormente está direccionados a una trampa de grasas y un desarenador, que sirven de pretratamientos y permiten la separación y recolección de grasas, aceites y sólidos del agua antes de ser tratada, evitando así que estas sustancias ingresen a la PTAR.

En la PTAR se identificó que el sistema de tratamiento instalado está compuesto por los siguientes procesos:

- Captación
- Tamizado
- Homogenización
- Tratamiento biológico de lodos activados
- Sedimentación
- Desinfección
- Deshidratación de lodos

A continuación, se presenta un esquema de los procesos del sistema de tratamiento, **(ver Figura 3)**.



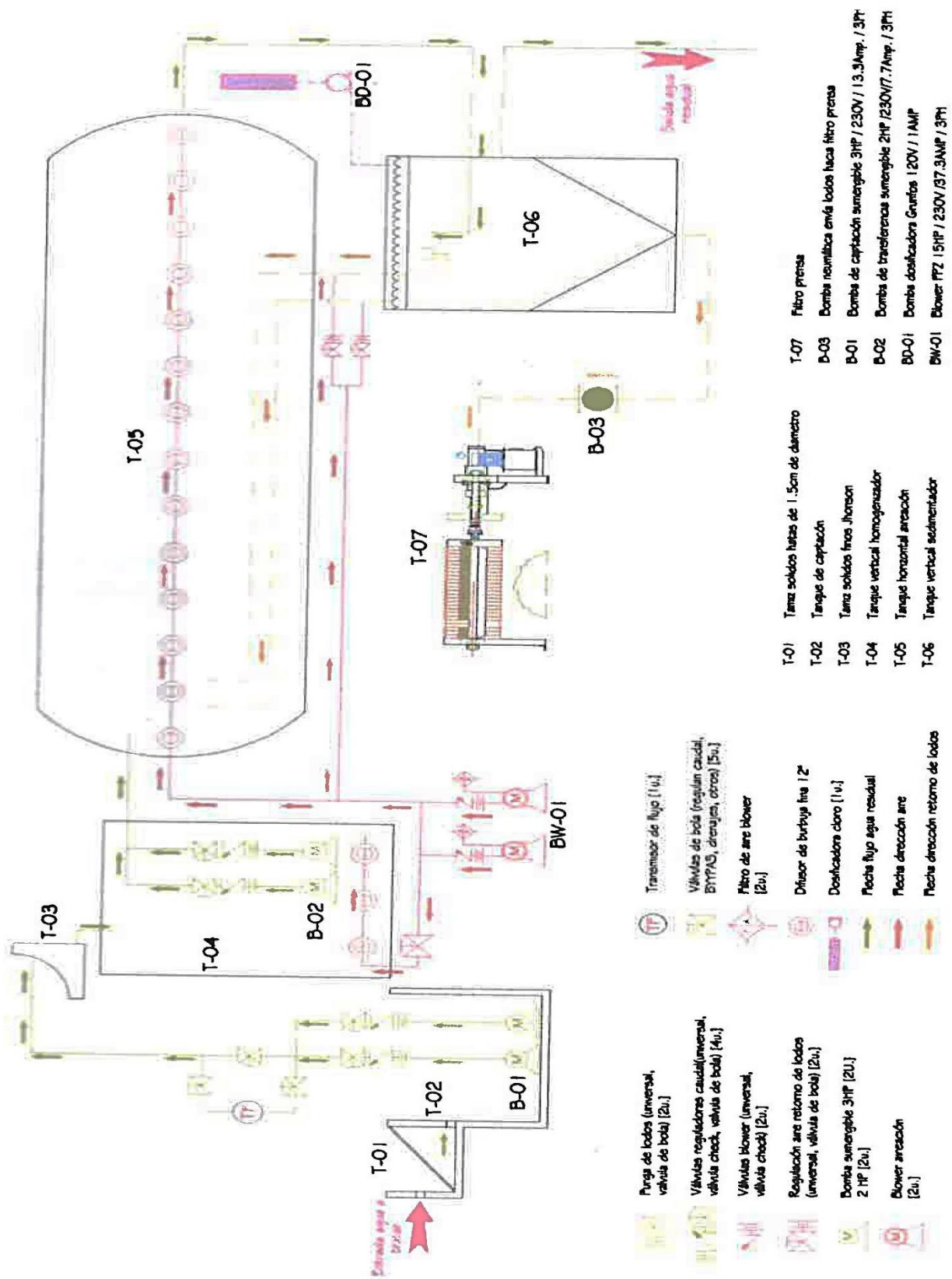


Figura 3 Procesos del sistema de tratamiento de agua residual

(AquaGroup, 2018)

Al ingreso de la PTAR, se observaron las características y funcionamiento del llamado tamiz de separación de sólidos gruesos, el mismo que está conformado por una placa de acero inoxidable de 2 m de longitud, 0.80 m de ancho y 3.2 mm de espesor, que cuenta con perforaciones de 15 mm de diámetro (**ver Figura 4**). Los operadores comentaron que esta placa está instalada con una inclinación aproximada de 75°, para facilitar el levantamiento del material retenido y no entorpecer el funcionamiento del sistema.



**Figura 4** Tamiz de separación de sólidos gruesos

Luego se hizo un reconocimiento del tanque de captación el cual recibe las aguas procedentes del tamiz o criba (**ver Figura 5**). Este tanque está construido de hormigón, además dispone de dos bombas sumergibles, las cuales serán las encargadas de impulsar el agua residual hasta el tamiz de retención de sólidos finos instalado sobre el tanque de homogenización (**ver Figura 6**).



**Figura 5** Tanque de captación y bombas sumergibles

El tamiz de retención de sólidos finos se denomina "Tamiz Jhonson Autolimpiante", y sirve para retener sólidos finos de hasta 0.3 mm, el mismo que cuenta con una tolva de recolección y un tanque para recolección de sólidos retenidos.



**Figura 6** Tamiz retención de finos

El operador a cargo del recorrido explicó las características y funcionamiento del tanque de homogenización (**ver Figura 7**). Entre la información brindada se destacó que: tiene capacidad de 23 m<sup>3</sup> y está constituido por poliéster reforzado de fibra de vidrio (PRFV) y su función principal es la de uniformizar el flujo que entra, tanto en caudal como en composición, asegurando así a la entrada del reactor biológico un caudal constante. Esta homogenización garantiza la estabilidad y eficiencia operativa del reactor biológico que constituye el elemento principal y de mayor sensibilidad operativa del sistema de depuración. La homogenización se da mediante aireación proporcionada por difusores de burbuja fina, dentro de este tanque se encuentran instaladas 2 bombas sumergibles las cuales envían un caudal de manera constante hacia el tanque de aireación.



**Figura 7** Especificaciones técnicas tanque de homogenización



El tanque de aireación, unidad que cumple con el proceso de depuración y también la más sensible a eventuales cambios de volúmenes diarios y/o calidad de agua residual, así como de eventuales intervenciones operativas inapropiadas.

Se afirmó que en esta unidad se promueve un elevado crecimiento bacteriano, el mismo que es responsable de estabilizar compuestos orgánicos e inorgánicos, al utilizarlos como fuente de alimentación y energía para sus funciones vitales y reproductivas.

En este sistema parte de la población bacteriana se mantiene suspendida formando colonias que agrupadas integran los denominados flóculos biológicos, y otra parte se adhiere a elementos especialmente diseñados para el efecto.

En el tanque de aireación se inyecta aire filtrado por medio de dos sopladores regenerativos. El sistema de aireación es contante y está controlado electrónicamente por un programador de tiempo con el fin de que los sopladores siempre permanezcan encendidos. Al fondo del tanque se tienen difusores de fondo con membrana de burbuja fina, auto sellantes y anti-taponamiento, (ver Figura 8 y Figura 9).



**Figura 8** Especificaciones técnicas tanque de aireación



**Figura 9** Sistema de aireación

Acercándose el final del recorrido se visitó la unidad de sedimentación, (**ver Figura 10**), en la cual se observó la separación de los flóculos de microorganismos que conjuntamente con la fracción líquida del agua depurada salen del reactor biológico. Luego la fracción líquida estabilizada y clarificada sale de la unidad por un vertedero perimetral superior y pasa al proceso final de desinfección, previa a su descarga en el canal receptor. Se explicó que los flóculos decantan y se acumulan en la base de la unidad desde donde son parcialmente retornados al reactor biológico, para mantener la cantidad requerida para la estabilización del agua residual, mientras que el excedente de flóculos o microorganismos es purgado hacia las unidades de deshidratación.



**Figura 10** Tanque sedimentador

Como parte final del tratamiento se tiene la desinfección, que constituye el proceso de depuración de agua y su objetivo es reducir los niveles de contaminación mediante el control de la concentración de potenciales microorganismos patógenos y demás parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente, este proceso contempla un sistema de dosificación química, mediante la aplicación de una dosis de hipoclorito de

sodio de 134 mililitros por cada metro cúbico de agua tratada, esta dosificación es regulada por el operador de la planta, monitoreando que cumpla con los parámetros establecidos en la normativa para descarga de agua residual en cuerpos de agua dulce

Posterior a la dosificación directa, el agua tratada pasa a un tanque de retención (**Ver Figura 11**) donde se proporciona el tiempo de contacto adecuado entre el desinfectante aplicado y el agua, de manera que se asegure los niveles de mortalidad bacteriana esperados. El agua finalmente es descargada al canal recolector.



**Figura 11.** Tanque de cloración

### **2.1.2 Manejo de sólidos y lodos dentro de la planta**

Todo sistema de depuración de agua residual genera como subproducto un exceso de microorganismos (biomasa). En la PTAR estudiada la biomasa es extraída de la base del sedimentador a través de una válvula manual la cual dirige el lodo con todo su contenido de humedad, hacia una bomba neumática de 4 GPM de caudal máximo, y esta a su vez eleva el lodo generado hacia un filtro prensa.

El filtro prensa está conformado por una serie de placas que a su vez contienen lonas filtrantes. Mediante una manivela el operador de manera manual ajusta un tornillo giratorio que se encarga de ir comprimiendo las placas hasta que están quedan completamente ajustadas. Los lodos se bombean a través de cada placa hasta alcanzar una presión de 60 psi. Una vez alcanzada la presión la bomba se apaga automáticamente, y otra tubería inyecta aire con un compresor de 3hp. Una vez que las placas se han saturado empiezan a expulsar el agua a través de las lonas filtrantes mientras va disminuyendo la presión del sistema, para lo cual la bomba neumática nuevamente inyecta más lodo al interior del filtro prensa, hasta volver a alcanzar la presión señalada y así este proceso se da por repetidas ocasiones hasta que la parte central hueca del filtro este saturada por lodo deshidratado. Adicionalmente, por un sistema interno de tuberías el agua que se produce por esta actividad es redireccionada al tanque de captación de la PTAR para ser integrada nuevamente en el tratamiento, todo este proceso dura aproximadamente 6 horas.

Para extraer el lodo del sedimentador diariamente se realiza un test de sedimentación que consiste en llenar un cono Imhoff de 1 L de capacidad con el lodo filtrado y dejarlo en reposo por un tiempo de 30 minutos sobre una gradilla, la muestra de lodo debe ser tomada luego de que el lodo este uniformemente mezclado. Una vez transcurrido el tiempo de sedimentación se debe observar cuanto lodo se acumuló al fondo del cono. Si la cantidad excede el 50%, es decir 500 ml, se debe devolver el lodo a el filtro prensa hasta que el lodo se mantenga entre 25% y 50% que es la cantidad recomendada por el fabricante para el óptimo funcionamiento del proceso de deshidratación.


## **2.2 Caracterización de lodos residuales provenientes del proceso de deshidratación**

### **2.2.1 Planificación**

Una vez determinados los parámetros a evaluar en los lodos generados, la empresa mediante procesos internos cotizó y programó la toma de muestra, (**ver Figura 12**). Para esta etapa se planificó con la empresa y por cuestiones de bioseguridad se designó a un responsable para que realice el muestreo de lodos residuales, el técnico pertenecería a un laboratorio acreditado. Se estableció que el muestreo de los lodos residuales se lo realice siguiendo la metodología para cada uno de los parámetros a evaluar, los mismos que se encuentran descritos en la norma US-EPA CFR 40 PARTE 503, Y NOM-004-SEMARNAT-2002, y por último se definieron los aspectos logísticos tales como: espacio físico, unidad vehicular para transporte de muestras, asegurar la provisión de insumos,

diseño y elaboración de registros, materiales y equipos para el estudio, y protección personal.

**ANALITICA AVANZADA ASESORIA Y LABORATORIOS.**  
**ANAVANLAB CIA. LTDA.**  
**ACREDITACIÓN SAE LEN 13-006 (1)**



COTIZACIÓN N°: 2020/5320  
 FECHA: 13/05/2021

Cotización N°: 2020/5320		Fecha: 5/13/2021							
ANÁLISIS CRETIB: NOM 004 SEMARNAT 202, TABLA 1 LÍM, MÁX, PERMISIBLE PARA METALES PESADOS LIXIVIADOS									
AA	CÓDIGO AAA	PARÁMETRO ANALITICO	METODO ANALITICO	TÉCNICA	RANGO DE TRABAJO (unidades)	ENVASE REQUERIDO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	LX010	Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	ABSORCION ATOMICA	0.00 - 10.00 (mg/L)	Plástico 2000ml	1	\$ 20.00	\$ 18.00
1	LX011	Bario	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	ABSORCION ATOMICA	1.00 - 20.00 (mg/L)	Plástico 2000ml	1	\$ 17.50	\$ 15.75
1	LX012	Cadmio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	ABSORCION ATOMICA	0.01 - 10.00 (mg/L)	Plástico 2000ml	1	\$ 17.50	\$ 15.75
1	LX022	Cromo Total	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	ABSORCION ATOMICA	0.30 - 50.00 (mg/L)	Ámbar HNO3 100ml	1	\$ 17.50	\$ 15.75
1	LX038	Mercurio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	ABSORCION ATOMICA	0.01 - 10.00 (mg/L)	Plástico 2000ml	1	\$ 21.50	\$ 19.35
1	LX048	Plata	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	ABSORCION ATOMICA	0.10 - 10.00 (mg/L)	Ámbar HNO3 100ml	1	\$ 17.50	\$ 15.75
1	LX049	Plomo	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	ABSORCION ATOMICA	0.30 - 50.00 (mg/L)	Ámbar HNO3 100ml	1	\$ 17.50	\$ 15.75
1	LX052	Selenio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	ABSORCION ATOMICA	0.01 - 10.00 (mg/L)	Ámbar HNO3 100ml	1	\$ 21.50	\$ 19.35

**Figura 12.** Cotización parámetros de análisis

## 2.2.2 Trabajo en campo y operaciones

El día de la toma de muestras, el laboratorio acreditado envió a un técnico responsable y capacitado para el muestreo, el mismo que acudió dentro del horario establecido que fue de 10:00 a 11:00, se trasladó a la planta de tratamiento donde se encontraban los lodos extraídos ese mismo día.

Se tomaron en primer lugar las coordenadas UTM-WGS584 del sitio, mediante un GPS las cuales fueron 0771144, -09947767 (**Ver Figura 13**). Se verificaron las condiciones climáticas, humedad relativa 45%, temperatura ambiente 23°C y el sitio se encontraba soleado, todos estos datos fueron anotados en la cadena de custodia y posteriormente entregados al responsable ambiental de la empresa, el documento se muestra en el **Anexo 1**.





**Figura 13** Coordenadas y condiciones ambientales del sitio de muestreo

El técnico se colocó los implementos de seguridad para tomar la muestra de manera íntegra. Se empezó a tomar las muestras con ayuda de una pala, primero, en 11 frascos estériles se tomaron muestras para análisis biológico, los cuales fueron cerrados completamente, etiquetados y rotulados, (**ver Figura 14 y Figura 18**).



**Figura 14** Toma de muestra análisis biológico.

Posteriormente, se tomaron muestras de aproximadamente 1 kg cada una para análisis de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, características biológicas infecciosas (CRETIB). Estas muestras fueron tomadas en bolsas plásticas estériles, las mismas que fueron colocadas en otra bolsa plástica estéril para evitar el derrame de la muestra, además se tomaron 3 kg adicionales para realizar los análisis de biodegradabilidad, (**ver Figura 15 y Figura 16**).



**Figura 15** Toma de muestras análisis desechos peligrosos



**Figura 16** Toma de muestras análisis de biodegradabilidad

Finalmente, se tomaron muestras para el análisis de lixiviados en frascos estériles uno de plástico y uno de vidrio para análisis de los metales. Todas las muestras fueron transportadas en una hielera con bolsas de refrigerante hacia el laboratorio, y luego se entregó la cadena de custodia al responsable ambiental con las firmas correspondientes, (**ver Figura 17**).



Figura 17 Toma de muestra análisis lixiviados, metales, y transporte



Figura 18 Muestreo

### **2.2.3 Análisis de información**

Una vez que el laboratorio proporcionó los resultados referentes al análisis de lodos residuales, se procedió a interpretar y verificar que los valores de cada uno de los parámetros enviados al análisis cumplan con la normativa. Para el efecto se utilizaron los criterios establecidos en la normativa SEMARNAT 004-2002. La peligrosidad de los lodos residuales se descartó lo cual permitió continuar con el planteamiento de la alternativa de aprovechamiento de lodos.

## **2.3 Planteamiento de alternativa ambiental y económicamente viable para el aprovechamiento de los lodos residuales**

Una vez descartada la peligrosidad y conociendo las características de los lodos residuales, se procedió a plantear alternativas referentes al objetivo, las mismas que permitieron visualizar de mejor manera la situación futura que se desea alcanzar con el aprovechamiento de los lodos.

Entre las alternativas ambientales para el aprovechamiento de los lodos residuales de la empresa Supermercados Santa María S.A. se plantearon las siguientes:

- a) Compostaje
- b) Aplicación de los lodos sobre terreno agrícola
- c) Lechos de secado

Estas alternativas sobresalieron ya que son las que permiten gestionar el lodo residual de una manera ambientalmente amigable, así que se ratificó estas tres opciones. Las otras alternativas que se encontraron en bibliografía no cumplieron con el objetivo de este estudio, ya que su práctica es la disposición final sin ningún tipo de aprovechamiento.

## **2.4 Elaboración del manual de aprovechamiento de lodos de la planta de tratamiento de agua residual**

Una vez definida la técnica para el aprovechamiento de lodos residuales se procedió a la redacción de un manual, el cual será una fuente de consulta y de soluciones prontas para el manejo de lodos residuales. Así que, se lo realizó cuidando de que sea lo menos complicado y lo más accesible posible.

El manual fue redactado con el fin de brindar información ordenada y detallada acerca de la técnica de aplicación de los lodos sobre terrenos agrícolas, la técnica será aplicada específicamente en áreas verdes y cultivos ornamentales de la empresa.

Para la elaboración del manual para el aprovechamiento de lodos generados en la PTAR de procesamiento cárnico de la cadena de Supermercados Santa María S.A. se siguió el siguiente procedimiento:

- Se estableció cada uno de los elementos y composición que tendrá el manual, en este paso se definió toda la información que estará contenida en éste. Se realizó un bosquejo general del manual, entre los elementos que fueron incluidos están: el objetivo, la justificación del porque se realiza el manual y la importancia, el alcance que tendrá el manual, los participantes y las actividades a realizarse. La composición del manual se refiere a la estructura del mismo, es decir los capítulos y temas principales en los cuales se dividirá.
- Se definió el alcance e involucrados, en este punto se estableció la información que estará contenida en el manual, toda la información será referente a la aplicación de lodos residuales en áreas verdes y cultivos ornamentales de la empresa además se identificó las áreas y personas a las que llegará el manual.
- Se establecieron los procesos y procedimientos, aquí se incluyeron las instrucciones y aspectos importantes para para la ejecución de cada proceso con su respectivo procedimiento.
- Se obtuvo información de fuentes bibliográficas y expertos de la materia para completar el contenido del manual de aprovechamiento de lodos residuales.

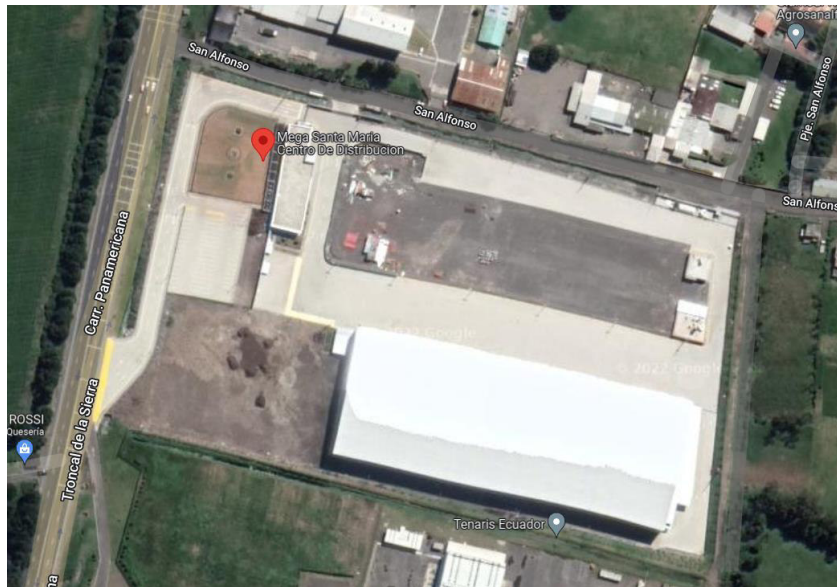
### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los lodos residuales objeto de estudio, fueron analizados con un laboratorio acreditado quien emitió los resultados a través de un informe, dichos resultados se compararon con la normativa descartando así su peligrosidad e identificando sus principales nutrientes, para lograr proponer el mejor método de aprovechamiento en base a los resultados obtenidos.

#### 3.1 Ubicación de la PTAR de la empresa Supermercados Santa María S.A.

La empresa Supermercados Santa María S.A. se encuentra ubicada en el cantón Mejía, ciudad de Machachi, y en sus instalaciones opera la PTAR donde se desarrolló e implementó el presente estudio. La PTAR está diseñada para tratar un caudal máximo de aguas residuales de la industria cárnica de 110 m<sup>3</sup>/día y con una producción media mensual de lodo residual de 454 kg.

El área disponible para la aplicación de lodos dentro de las instalaciones es de 7815.5 m<sup>2</sup> equivalentes a 0.78155 hectáreas esta información es verificada en los planos arquitectónicos de la empresa. (ver **Figura 19**).



**Figura 19** Ubicación PTAR Supermercados Santa María



### 3.2 Evaluación inicial PTAR

La PTAR de la empresa Supermercados Santa María S.A. está diseñada para tratar un caudal máximo de aguas residuales industriales de 110 m<sup>3</sup>/día. Para este procedimiento se utiliza un tratamiento biológico de lodos activados mediante aireación extendida, cumpliendo con las normas ambientales establecidas en el Libro VI del TULSMA, Anexo I. La procedencia de las aguas residuales se da por el uso variado y específico del agua, estos van desde los procesos de faenamiento de las reses y limpieza diaria de las instalaciones.

Se tiene la información en cuanto a la producción y costos por la gestión de lodos residuales durante un periodo de 8 meses (**ver Tabla 6**). Como resultado se tiene que la producción promedio mensual de lodo residual es 454.77 kg y el precio por su gestión de \$204.65 promedio mensual. La cantidad de lodo generado varía según la producción de la PTAR y el contenido de sólidos que contengan las aguas en el afluente.

**Tabla 6** Producción y costo de gestión de lodos residuales

FECHA	MES	CANTIDAD Kg	COSTO
27/1/2021	Enero	564,78	\$254,15
26/2/2021	Febrero	439,73	\$197,88
27/3/2021	Marzo	449,24	\$202,16
27/4/2021	Abril	615,73	\$277,08
1/5/2021	Mayo	446,04	\$200,72
25/6/2021	Junio	300,36	\$135,16
23/7/2021	Julio	432,09	\$194,44
24/8/2021	Agosto	390,22	\$175,60
<b>Promedio mensual</b>		454,77	204,65
<b>TOTAL</b>		3638,19	1637,19

Con la información de la tabla se estima que la producción anual de lodos residuales será de 5457.24 kg teniendo un costo anual de \$2455.75 por su gestión.

### 3.3 Resultados de la caracterización y comparación con la normativa de los lodos residuales generados en la PTAR.

Los análisis a los que fueron sometidos los lodos residuales permiten confirmar que efectivamente se encuentran dentro de los parámetros permisibles descritos en la normativa. Entre los parámetros analizados se menciona a los siguientes: análisis de metales pesados, patógenos, corrosividad, explosividad, nutrientes, humedad,

biodegradabilidad y pH; estos parámetros fueron necesarios determinarlos para cumplir con el objetivo del estudio ya que es primordial descartar afecciones que podría sufrir el suelo al disponer del lodo residual sobre el mismo.

### 3.3.1 Resultados de los lodos residuales analizados en laboratorio

Los lodos residuales fueron sometidos a varios análisis descartando así su peligrosidad y permitiendo su aprovechamiento. A continuación, se presentan tablas debidamente rotuladas indicando el parámetro analizado y resultados obtenidos respectivamente.

**Tabla 7** Resultados de análisis de metales pesados

INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI		
TIPO DE MUESTRA:	LIXIVIADO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	14/07/2021		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES WGS84 0771144;9947767		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	ANAVANLAB CIA. LTDA		
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	14/07/2021		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	14/07/2021 al 27/07/2021		

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	* CUMPLIMIENTO	**INCERTIDUMBRE + % U
Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	0,0042	5,0	CUMPLE	NA
Bario	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,0	100	CUMPLE	30
Cadmio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,04	1,0	CUMPLE	30
Cobre	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	1,25	NA		30
Cromo Total	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,6	5,0	CUMPLE	30
Mercurio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0050	0,2	CUMPLE	NA
Níquel	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,3	NA		30
Plata	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,1	5,0	CUMPLE	30
Plomo	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,9	5,0	CUMPLE	30
Selenio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,005	1,0	CUMPLE	NA
Zinc	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,67	NA		30

**Norma de Comparación: NOM 052 SEMARNAT 2005, TABLA 2 LÍM, MÁX, PERMISIBLE EXTRACTO PECT**



**Tabla 8** Resultados de análisis de patógenos

<b>INFORMACIÓN GENERAL:</b>		<b>INTEGRIDAD:</b>	<b>CUMPLE</b>				<b>LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:</b>	CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI		
<b>TIPO DE MUESTRAS:</b>	LODOS	<b>TIPO DE TOMA DE MUESTRA:</b>	SIMPLE				<b>RESPONSABLE TOMA DE MUESTRA:</b>	ANAVANLAB CIA. LTDA.		
<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	SIETE	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS:</b>	14/07/2021				<b>PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:</b>	14/07/2021 al 26/07/2021		
<b>Fecha de Monitoreo</b>		15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021		
<b>Parámetro (Unidades)</b>	<b>Método</b>								<b>Media</b>	<b>NOM 004 SEMARNAT. TABLA 2 (a)</b>
Coliformes Fecales NMP/g	SM9223 D	6,09 x 10 <sup>3</sup>	3,08 x 10 <sup>4</sup>	2,14 x 10 <sup>4</sup>	1,57 x 10 <sup>4</sup>	1,15 x 10 <sup>4</sup>	4,61 x 10 <sup>4</sup>	1,01 x 10 <sup>4</sup>	1,65 x 10 <sup>4</sup>	2X10 <sup>6</sup> NMP/g
Huevos Parásitos huevos/g*	SM 9260 -B	< 1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	35/g
Salmonella NMP/g*	EPA USDA 1682	< 2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	300/g
<b>a) NOM 004 SEMARNAT. TABLA 2 LÍM. MÁX. PERMISIBLES PATÓGENOS Y PARÁSITOS EN LODOS Y BIOSÓLIDOS. CLASE C</b>										

**Tabla 9** Resultados de análisis de peligrosidad

<b>INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	<b>INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:</b>	CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	LODO		<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA:</b>	14/07/2021
<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:</b>	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGADE CAMIONES WGS84 0771144;9947767		<b>RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:</b>	ANAVANLAB CIA. LTDA
<b>FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:</b>	14/07/2021		<b>PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:</b>	14/07/2021 al 27/07/2021

<b>Norma de Comparación: NOM-052-SEMARNAT-2005 CARACTERÍSTICAS, IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y LISTADO RESIDUOS PELIGROSOS</b>						
<b>RESULTADOS:</b>						
<b>PARAMETRO</b>	<b>METODO ANALÍTICO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>VALORES DE NORMA</b>	<b>CUMPLI MIENTO</b>	<b>INCERTIDUMBRE + % U</b>
Reacción con ácido	CUALITATIVO	N/A	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA
Reacción con agua	CUALITATIVO	N/A	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA
Reacción con álcali	CUALITATIVO	N/A	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA
EXPLOSIVIDAD	NOM-052-SEMARNAT/05	N/A	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA
INFLAMABILIDAD	NOM-052-SEMARNAT/05	N/A	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA

**Tabla 10** Resultados de análisis nutrientes, humedad y sólidos volátiles

<b>INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	<b>INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:</b>	CUMPLE	<b>LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:</b>	CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SUELO		<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA:</b>	14/07/2021
<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:</b>	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES WGS84 0771144;9947767		<b>RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:</b>	ANAVANLAB CIA. LTDA
<b>FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:</b>	14/07/2021		<b>PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:</b>	14/07/2021 al 03/08/2021

PARÁMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	INCERTIDUMBRE + % U
PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD	ASTMD2667	%	65,5	NA
Fósforo Total	SM45 00P B-C	mg/kg	359,9	NA
Humedad	ASTMD4959	%	92,58	NA
Materia Orgánica	Volumetría	%	95,26	NA
Nitrógeno total	SM 4500-NC	%	0,1	NA
Potasio	EPA 7000A	mg/kg	19,0	NA
Residuo seco	ASTMD4959	mg/Kg	76868	NA
Sólidos Volátiles	EPA 1684	mg/Kg	8193,0	NA

**Tabla 11** Resultado análisis de pH

<b>INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	<b>INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:</b>	CUMPLE	<b>LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:</b>	CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	SUELO		<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA:</b>	14/07/2021
<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:</b>	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES WGS84 0771144;9947767		<b>RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:</b>	ANAVANLAB CIA. LTDA
<b>FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:</b>	14/07/2021		<b>PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:</b>	14/07/2021 al 16/07/2021

Norma de Comparación: NOM-052-SEMARNAT-2005 CARACTERÍSTICAS, IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y LISTADO RESIDUOS PELIGROSOS						
RESULTADOS:						
PARAMETRO	METODO ANALÍTICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	CUMPLIMIENTO	INCERTIDUMBRE + % U
pH	AAA-PE-S014/ EPA 9045 B	unid pH	7,0	2 a 12,5	CUMPLE	1

A continuación, se compara los resultados anteriormente expuestos con la normativa y se verifica su cumplimiento con los límites máximos permisibles.

### 3.3.2 Comparación de resultados obtenidos en laboratorio con la normativa

En la **Tabla 12** se presentan los resultados obtenidos luego del análisis de los lodos residuales, donde se observa que los valores resultantes están muy por debajo de los valores máximos de la norma. Esto es de esperarse en una PTAR de procesamiento cárnico debido a que en sus procesos productivos no intervienen insumos o materiales que pudieran contener metales, descartando así una presencia importante de estos en los lodos residuales de la PTAR. Para fines del estudio, es muy importante lo descrito con anterioridad ya que los metales presentan una fuerte retención en el suelo. Por ejemplo, según algunos estudios (Bates, 2005), se estima que se necesitarían 1000 ciclos agrícolas para remover el cadmio adicionado en una aplicación de lodo residual.

El contenido de patógenos en lodo residual es un aspecto de mucha importancia ya que, al ser vertidos en el suelo, hay la posibilidad de que no mueran y que sean transportados por escorrentías hacia fuentes de agua, permitiendo así su reproducción. La **Tabla 13** muestra que el contenido de patógenos en el lodo residual es mínimo, esto se afirma ya que los valores obtenidos para patógenos están muy por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la norma, NOM-052 SEMARNAT-2005, tabla 2 lím. máx. permisibles.

**Tabla 12** Resultados de análisis de metales comparación con la normativa.

INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI
TIPO DE MUESTRA:	LIXIVIADO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	14/07/2021
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES WGS84 0771144;9947767		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	ANAVANLAB CIA. LTDA
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	14/07/2021		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	14/07/2021 al 27/07/2021

PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	* CUMPLIMIENTO	**INCERTIDUM BRE + % U
Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	0,0042	5,0	CUMPLE	NA
Bario	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,0	100	CUMPLE	30
Cadmio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,04	1,0	CUMPLE	30
Cobre	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	1,25	NA		30
Cromo Total	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,6	5,0	CUMPLE	30
Mercurio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0050	0,2	CUMPLE	NA
Níquel	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,3	NA		30
Plata	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,1	5,0	CUMPLE	30
Plomo	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,9	5,0	CUMPLE	30

<b>Selenio</b>	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,005	1,0	CUMPLE	NA
<b>Zinc</b>	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,67	NA		30
Norma de Comparación: NOM 052 SEMARNAT 2005, TABLA 2 LÍM, MÁX, PERMISIBLE EXTRACTO PECT						

**Tabla 13** Resultados de análisis de patógenos y comparación con la normativa.

<b>INFORMACIÓN GENERAL:</b>		<b>INTEGRIDAD:</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:</b>				<b>CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI</b>		
<b>TIPO DE MUESTRAS:</b>	LODOS	<b>TIPO DE TOMA DE MUESTRA:</b>	SIMPLE	<b>RESPONSABLE TOMA DE MUESTRA:</b>				ANAVANLAB CIA. LTDA.		
<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	SIETE	<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS:</b>	14/07/2021	<b>PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:</b>				14/07/2021 al 26/07/2021		
<b>Fecha de Monitoreo</b>		15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021		
<b>Parámetro (Unidades)</b>	<b>Método</b>								<b>Media</b>	<b>NOM 004 SEMARNAT. TABLA 2 (a)</b>
Coliformes Fecales NMP/g	SM9223 D	6,09 x 10 <sup>3</sup>	3,08 x 10 <sup>4</sup>	2,14 x 10 <sup>4</sup>	1,57 x 10 <sup>4</sup>	1,15 x 10 <sup>4</sup>	4,61 x 10 <sup>4</sup>	1,01 x 10 <sup>4</sup>	1,65 x 10 <sup>4</sup>	2X10 <sup>6</sup> NMP/g
Huevos Parásitos huevos/g*	SM 9260 -B	< 1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	35/g
Salmonella NMP/g*	EPA USDA 1682	< 2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	300/g

El lodo objeto del análisis cumple con los parámetros descritos anteriormente y además es un lodo CLASE C, según lo indica la NOM 004 SEMARNAT y es apto para el uso forestal, mejoramiento de suelo y uso agrícola. Las **Tabla 14** y **Tabla 15** muestran la clasificación de un lodo según el contenido de patógenos.

**Tabla 14** Clasificación de lodos residuales según el contenido de patógenos

Fuente: (SEMARNAT, 2003)

<b>CLASE</b>	<b>Coliformes fecales [NMP/g]</b>	<b>Salmonella spp. [NMP/4g]</b>	<b>Huevos de helmitos [NMP/4g]</b>
<b>A</b>	Menor de 1000	Menor de 3	Menor de 1
<b>B</b>	Menor de 1000	Menor de 3	Menor de 10
<b>C</b>	Menor de 2000000	Menor de 300	Menor de 35

**Tabla 15** Aprovechamiento de biosólidos según su clase.

Fuente: (SEMARNAT, 2003)

TIPO	CLASE	APROVECHAMIENTO
<b>Excelente</b>	<b>A</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Usos urbanos con contacto directo durante su aplicación.</li><li>• Los establecidos para clase B y C.</li></ul>
<b>Excelente o bueno</b>	<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Usos urbanos sin contacto directo durante su aplicación.</li><li>• Los establecidos para clase C.</li></ul>
<b>Excelente o bueno</b>	<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Usos forestales.</li><li>• Mejoramiento de suelos.</li><li>• Usos agrícolas.</li></ul>

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador, se consideran desechos peligrosos a aquellos que contengan alguna sustancia de características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas y/o radioactivas, que representen un riesgo para la salud humana y el ambiente. Esto exige un análisis obligatorio del lodo residual que será aplicado al suelo, ya que al estar a la intemperie y en contacto directo al suelo es una potencial amenaza al ambiente y salud humana.

En la **Tabla 16** se constata la ausencia de peligrosidad del lodo residual que será vertido en el suelo, al tratarse de lodos residuales de una PTAR de manufactura cárnica el resultado es de esperarse, pero no está por demás realizar análisis de esta clase para asegurarnos que ningún agente externo este interfiriendo en el tratamiento de agua residual. Esto permite continuar con el propósito de estudio, la norma de comparación utilizada es la NOM-052-SEMARNAT-2005 Características, identificación, clasificación y listado residuos peligrosos.

**Tabla 16** Análisis de peligrosidad y comparación con la normativa

<b>INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	<b>INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:</b>	CUMPLE	<b>LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:</b>	CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	LODO		<b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA:</b>	14/07/2021
<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:</b>	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES WGS84 0771144;9947767		<b>RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:</b>	ANAVANLAB CIA. LTDA
<b>FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:</b>	14/07/2021		<b>PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:</b>	14/07/2021 al 27/07/2021

Norma de Comparación: NOM-052-SEMARNAT-2005 CARACTERÍSTICAS, IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y LISTADO RESIDUOS PELIGROSOS						
RESULTADOS:						
PARAMETRO	METODO ANALÍTICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	CUMPLIMIENTO	INCERTIDUMBRE + % U
Reacción con ácido	CUALITATIVO	N/A	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA
Reacción con agua	CUALITATIVO	N/A	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA
Reacción con álcali	CUALITATIVO	N/A	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA
EXPLOSIVIDAD	NOM-052-SEMARNAT/05	N/A	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA
INFLAMABILIDAD	NOM-052-SEMARNAT/05	N/A	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA

### 3.4 Planteamiento de una alternativa ambiental y económicamente viable para el aprovechamiento de lodos residuales.

Una vez descartada la peligrosidad y conociendo las características de los lodos residuales, se plantearon alternativas referentes al objetivo, las mismas que permitieron visualizar de mejor manera la situación futura que se desea alcanzar con el aprovechamiento de los lodos.

Las alternativas de aprovechamiento que sobresalen son las que permiten gestionar el lodo residual de una manera ambientalmente amigable, así que se plantean los métodos que cumplan con las expectativas y necesidades de los beneficiarios, siendo éstos de la empresa Supermercados Santa María S.A.

Se analizó cada una de las necesidades y propósitos de la empresa destacando las siguientes:

- Gestión y disposición de sus lodos residuales.
- Aprovechar los lodos residuales de su PTAR con una práctica ambientalmente amigable.
- Fomentar las buenas prácticas ambientales.
- Disminuir costos por concepto de gestores ambientales.

### **3.4.1 Análisis de los involucrados**

Se identificaron quienes serían los principales beneficiarios en la alternativa para seleccionar las estrategias óptimas, permitiendo viabilizar las acciones de la alternativa y conocer su alcance. Además, se conocieron las necesidades de los beneficiarios en el proyecto ya que mediante esto se puede conocer el grado de apoyo u oposición a las alternativas planteadas y la importancia que el beneficiario da a dicho planteamiento.

Como información se tuvo que la empresa Supermercados Santa María S.A., ubicada en la ciudad de Machachi, posee extensas áreas verdes y cultivos ornamentales que necesariamente deben ser cuidadas periódicamente. En este contexto, es muy importante que la empresa pueda aprovechar los lodos residuales de su PTAR en sus áreas verdes y otros espacios que requieran un mejoramiento de suelo.

Con ese antecedente se partió para la elección de una alternativa ambiental y económicamente viable como se detalla a continuación.

### **3.4.2 Selección de la alternativa optima de aprovechamiento de los lodos**

#### **a) Compostaje**

Se planteó al compostaje como una tecnología prometedora para la estabilización de lodos residuales debido a que produce compostas de alta calidad para uso en la agricultura, en los cultivos ornamentales, en viveros y además su comercialización como abono orgánico o mejorador de suelo. El proceso de compostaje se puede considerar como una inversión ya que la venta de la composta puede disminuir o pagar completamente los costos de operación y mantenimiento de la planta de compostaje. En otras palabras, la empresa Supermercados Santa María S.A. evitaría el gasto de gestores ambientales e invertiría en la tecnología de compost, produciría su propio abono y ahorraría en la compra de estos.

Esta técnica de aprovechamiento demanda de un proceso complejo y hay que tomar en cuenta los siguientes aspectos importantes:

- Conocer propiedades y características de los lodos
- Implementación de infraestructura
- Mantenimiento constante
- Área considerable para el proceso
- Operadores de planta
- Material extra para la producción de compost (aserrín, hojas secas, etc.)
- Maquinaria y equipos para su ejecución

#### **b) Aplicación de los lodos sobre el suelo**

Se planteó que el uso del lodo en el suelo y en la agricultura es importante debido a que los lodos tienen un gran contenido de nutrimentos y materia orgánica. Por otra parte, ayuda a solucionar la problemática acerca del empobrecimiento del suelo por el uso agrícola intensivo ya que representa una alternativa para su uso en el acondicionamiento superficial.

Se determinó que antes de aplicar el lodo al suelo se debe conocer sus propiedades y procesos físicos (textura, estructura, permeabilidad), químicos (pH, materia orgánica, mecanismos de adsorción, desorción, etc.); biológicos, (composición biológica del suelo, mecanismos de competencia y depredación, etc.,) y cómo estos factores se enlazan para regular la presencia de contaminantes vertidos en el suelo cuando son aplicados desechos residuales (Núñez, 2009).

Para desarrollar esta técnica de aprovechamiento basta solamente conocer las características y propiedades, tanto del lodo como del suelo en donde se va a verter, para el caso propuesto de estudio el lodo será vertido en áreas verdes y cultivos ornamentales. (Muñoz, 2005)

#### **c) Lechos de secado**

Se determinó que la naturaleza de los lodos y las condiciones climatológicas son dos factores que determinan el rendimiento de los lechos de secado, este procedimiento requiere un área de 0.1 a 0.3 m<sup>2</sup>/habitante. El lodo secado de esta manera se lo puede utilizar en agricultura ya que contiene más del 50% de materia seca, normalmente en el periodo de secado hay crecimiento de vegetación (Ramalho, 2000). Se identificó que al igual que la técnica de compost los lechos de secado necesitan de un área para realizar



su proceso ya que se basa en estanques de mediana altura que contienen grava y arena y que poseen un sistema de drenaje para la deshidratación.

### **Selección de la alternativa**

Para cumplir con el objetivo de aprovechar los lodos residuales de la PTAR de la empresa y satisfacer las necesidades de ésta, se eligió como mejor alternativa de aprovechamiento a la técnica de aplicación de los lodos sobre terrenos agrícolas, esta técnica será aplicada en áreas verdes y cultivos ornamentales de la empresa. Esto se dio luego de analizar todos los requerimientos a cumplir para cada técnica.

Como resultado de la recolección de información, se elaboró una matriz de decisión (**ver Tabla 17**) que permite evaluar las alternativas descritas anteriormente, en base a las ponderaciones de las principales ventajas y desventajas de cada una de ellas. Considerando la matriz de decisión y los análisis de laboratorio realizados se plantea que, la mejor alternativa para el aprovechamiento de lodos residuales es, la técnica de aplicación de éstos sobre terrenos agrícolas, técnica que, por ser sencilla no necesita demasiados recursos económicos, recursos humanos, infraestructura y maquinaria y por ende es la más idónea para ser aplicada en la empresa. Es necesario insistir que lo que se buscó desde un principio es que la empresa Supermercados Santa María S.A., por poseer extensas áreas verdes y cultivos ornamentales, haga uso de una técnica de aprovechamiento de lodos residuales para el cuidado y mejoramiento de sus espacios. Esto se logró ya que la técnica cumple con los requisitos para satisfacer las necesidades, entre las cuales tenemos a las más importantes: gestión y disposición de sus lodos residuales y disminuir costos por concepto de gestores ambientales, además que la empresa cuenta con aproximadamente 1 hectárea de áreas verdes y cultivos ornamentales donde se dispondrá el lodo.

**Tabla 17** Matriz de decisión para alternativa de aprovechamiento de lodos residuales

Técnica	¿Se puede usar en cultivos?	¿Se puede comercializar?	¿Se Requiere implementar infraestructura?	¿Se requiere operarios?	¿Se requiere material extra?	¿Se requiere maquinaria o equipos?	¿Cuáles son los costos de mantenimiento?	TOTAL
Compostaje	5	5	1	3	4	2	2	22
Aplicación de los lodos sobre el suelo	5	2	5	4	5	4	5	30
Lechos de secado	5	3	1	3	3	1	1	17

PONDERACIONES MATRIZ DE DECISIÓN	
1	Nada probable o inversión de 5000 dólares o mas
2	Poco probable o inversión de 3000 a 5000 dólares
3	Posible o inversión de 1000 a 3000 dólares
4	Probable o inversión de 0 a 1000 dólares
5	Muy probable o nada costoso

Durante el periodo de estudio y una vez obtenidos los resultados de laboratorio, se dispuso el lodo en una sección de cultivos ornamentales de la empresa (**ver Figura 20 y Figura 21**), después de dos meses se pudo observar que las plantas de dicha sección se encontraban más frondosas y de mayor tamaño, en comparación con las secciones donde no se había colocado el lodo, dicho resultado fue debido a que el lodo residual de la PTAR tiene gran contenido en nutrientes según los análisis realizados en el laboratorio.

### **Aspectos a considerar**

- Los cultivos ornamentales son arbustos que reciben cuidado y mantenimiento periódico, además que han estado plantados ahí desde el inicio de operación de la empresa. Para la aplicación del lodo residual se eligió un área en donde se evidencio la falta de crecimiento de los arbustos.
- Una vez descartada la peligrosidad, el lodo puede y debe ser colocado en el suelo con la ayuda de herramientas utilizados en la agricultura.
- Se estimó en capítulos anteriores que la producción anual de lodos residuales será de 5457.24 kg equivalentes a 5.45724 toneladas, teniendo en cuenta que la PTAR tiene una producción promedio mensual de 454.77 kg.
- El área disponible para la aplicación de lodos dentro de las instalaciones es de 7815.5 m<sup>2</sup> equivalentes a 0.78155 hectáreas esta información es verificada en los planos arquitectónicos de la empresa.
- Se determinó que la cantidad de lodos que requieren los espacios verdes es de 526.32 t/ha/año (valor basado en la cantidad de nitrógeno que contiene el lodo analizado), realizando una relación con 5.45724 t/ha/año de lodo que genera la planta se tiene que la producción de lodo podrá cubrir 0.010369 ha/año que equivalen a 103.69 m<sup>2</sup>.
- Según la información recolectada, los arbustos no han sido cuidados con algún tipo de químico o fertilizante por lo que claramente se evidenció que el lodo residual aportó con nutrientes beneficiosos para el crecimiento.



**Figura 20** Aplicación de lodos en el terreno



**Figura 21** Resultados después de la aplicación

### **3.5 Manual de aprovechamiento de lodos residuales de la planta de tratamiento de agua residual.**

El manual es un documento de apoyo para el personal de la empresa Supermercados Santa María S.A, a cargo de la operación de la PTAR y de las actividades de jardinería. Dentro de este documento se establecen actividades de aprovechamiento únicamente para los lodos residuales provenientes del proceso final de deshidratación.

El manual es una herramienta que describe las actividades a realizar en el proceso de planificación de gestión de lodos residuales, incluyendo la práctica de las metodologías para el aprovechamiento.

En la práctica, el manual considera aspectos relevantes tales como: generación de lodos residuales, almacenamiento y disposición final, además se establecen los procesos y procedimientos incluyendo las instrucciones y aspectos importantes para la correcta ejecución.

Toda la información sobre el aprovechamiento de lodos residuales se encuentra detallada en el manual ubicado en el **ANEXO 3**.

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Una evaluación preliminar ayuda a prever resultados, es decir, mediante la evaluación de los procesos de la PTAR de manufactura cárnica se establece de ante mano la calidad que podrían tener las aguas residuales en el efluente, y como consecuencia de ello la calidad de lodo residual obtenido, dando así una idea favorable o desfavorable para el aprovechamiento de lodo residual.
- El tratamiento que reciben las aguas residuales en la PTAR consta de los siguientes procesos: captación, tamizado, homogenización, tratamiento biológico de lodos activados, sedimentación, desinfección, deshidratación de lodos, siendo este último el objeto principal de este estudio, obtuvo como resultado que se genera un promedio mensual de 454.77 kg de lodo deshidratado, los cuales son evacuados mediante un gestor ambiental acreditado a un costo de 0.45 dólares por kilogramo.
- La caracterización de los lodos residuales se realiza mediante un laboratorio acreditado ante el SAE (Sistema de Acreditación Ecuatoriano), el mismo que fue el encargado de tomar las muestras y realizar los análisis CRETIB correspondientes según la norma US-EPA CFR 40 PARTE 503, Y NOM-004-SEMARNAT-2002. En base a los resultados obtenidos, se determina que los lodos no poseen ninguna característica de peligrosidad, y su contenido de humedad y nutrientes es el adecuado para un aprovechamiento por disposición directa al suelo.
- El aprovechamiento de lodos residuales permite a la empresa Supermercados Santa María S.A. reducir al 100% el gasto destinado a la gestión de lodos, ya que al disponer de un manual elaborado en base a una alternativa de aprovechamiento y con el respaldo de que su composición no representa ninguna clase de peligro, la empresa ya no gestionará sus lodos a través de empresas ambientales calificados, si no que puede realizar el aprovechamiento de lodos con recurso humano propio y dentro de sus instalaciones, tomando en cuenta las técnicas y recomendaciones descritas en el manual.
- La técnica de aplicación del lodo residual sobre el suelo como alternativa para el aprovechamiento de lodos, es una técnica inusual en el país por lo que es necesario basarse en bibliografía y experiencias extranjeras en donde esta actividad es practicada a mediana y gran escala, para seguir desarrollando

técnicas en las que la disposición final sin ningún aprovechamiento sea el último camino. Adicionalmente, esta es una técnica económica y ambientalmente viable, lo cual garantiza el aporte positivo hacia el medio ambiente y la economía de la empresa Supermercados Santa María S.A.

- La aplicación de lodos residuales para el mejoramiento del suelo ha tenido resultados positivos. Durante la realización de este proyecto se aplicó lodo residual a una determinada área con arbustos ornamentales durante un periodo de dos meses, observando notablemente el mejoramiento del suelo a través de la aplicación del lodo. Se evidencia que las plantas donde se realizó el ensayo han crecido en mayor proporción, en comparación con la sección donde no se aplicó lodo.
- El manual de aprovechamiento de lodos residuales (**ver Anexo 3**) contiene de forma ordenada y sistemática lineamientos necesarios para la ejecución de la técnica de aplicación de lodos residuales sobre el suelo. Entre los apartados del manual se tiene, aspectos relevantes para el aprovechamiento de lodos residuales, metodologías de aprovechamiento, aplicación de los lodos sobre terrenos y criterios de diseño para la aplicación de lodos residuales en el suelo. Los procedimientos están descritos de manera esquematizada facilitando el entendimiento para los usuarios, los mismos que deben ser capacitados en base a las actividades descritas en el documento.

## **4.2 Recomendaciones**

- Analizar una vez al año los procesos de los cuales proviene el agua residual con el fin de que la metodología descrita en el manual sea la adecuada, en caso de identificar algún cambio o aumento de algún proceso se deberá realizar una nueva evaluación para disposición del lodo.
- Evaluar constantemente las características y propiedades del suelo donde se aplicará el lodo residual esto es de mucha importancia ya que cada tipo de suelo recibe o asimila los nutrientes que aporta el suelo de diferente manera, en caso de detectar alguna anomalía se deberá suspender la aplicación de lodo residual.

## 5 REFERENCIAS


- AquaGroup. (2018). Manual de operacion y mantenimiento planta de agua residual Supermercados Santa Maria. Quito.
- Bates. (2005). Uptake of metals from sewage sludge amended soils. *Proceedings* , 403-416.
- Cisneros, B. E. (2015). *La contaminacion ambiental en mexico*. Mexico.
- condorchem envitech. (2020). Obtenido de <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-lodos/>
- Cubillos, I. J. (2009). Obtenido de Ciencia Uni Salle: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1154&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1154&context=ing_ambiental_sanitaria)
- Díaz, A. (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. 2.
- Eddy, M. . (1995). *Ingenieria de aguas residuales*. Madrid.: Mc Graw Hill.
- Evangelista, C. (2012). *Control de sistemas no lineales por modos deslizantes de segundo orden*. La Plata.
- Gamrasni. (1985). *Aprovechamiento agricola de aguas negras urbanas*. Mexico: Limusa.
- GRUPO VENTO. (20 de FEBRERO de 2018). Obtenido de <http://evaporadoresindustriales.grupovento.com/tratar-aguas-residuales-en-la-industria-carnica/#:~:text=La%20forma%20correcta%20de%20tratar,para%20eliminar%20la%20materia%20org%C3%A1nica.>
- Macías, J. G. (2013). *Academia de Ingenieria Mexico*. Obtenido de [https://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc\\_ingreso\\_gualberto\\_limon\\_trabajo\\_de\\_ingreso.pdf](https://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc_ingreso_gualberto_limon_trabajo_de_ingreso.pdf)
- Miguel A. Montes-Morán, J. A. (2010). *El problema de la gestion de lodos en EDARs*. Oviedo: uniA.
- Montes, M. A. (2010). *El problema de la gestion de lodos en EDARs*. Oviedo: uniA.



- Morales, G. (2016). *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*. Obtenido de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/MANTILLA%202016.%20Alternativas%20en%20PTARS.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/MANTILLA%202016.%20Alternativas%20en%20PTARS.pdf)
- Muñoz, D. M. (2005). SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MATADERO. En D. M. MUÑOZ, *SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE MATADERO* (pág. 87). Popayan.
- Núñez, J. (DICIEMBRE de 2009). *CONAGUA*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/1115062/>
- Proaño, P., Capito, L., Rosales, A., & Camacho, O. (2017). A dynamical sliding mode control approach for long deadtime systems. *International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)* . IEEE.
- Ramalho, R. S. (2000). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: REVERTÉ.
- SEMARNAT. (agosto de 2003). *Legismex*. Obtenido de <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ecol/semarnat004.pdf>
- SEMARNAT. (2015). *Secretaria de Medio Ambiente y RECURSOS nATURALES*. Obtenido de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/CONAGUA%202015.%20Manual%20Tratamiento%20y%20Disposici%C3%B3n%20de%20Lodos%2032.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%202015.%20Manual%20Tratamiento%20y%20Disposici%C3%B3n%20de%20Lodos%2032.pdf)
- Tchobanoglous, G. (2004). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. California: Mc Graw Hill.

# 6 ANEXOS

## ANEXO 1: cadena de custodia de toma de muestra de lodo

CADENA DE CUSTODIA DE TOMA DE MUESTRA															N° 0024688									
 Cambayá, La Primavera 1, Calle Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero Teléfonos: 5143303 / 355 0852 email: servicioalcliente@aanalab.com.ec Análisis Ambiental - Análisis y Laboratorio Cto. Ltda.															DATOS CLIENTE					DATOS TOMA DE MUESTRA				
Cliente: <b>MEGA SANTAMARIA</b> Dirección: <b>MEGA - MACHACHI</b> Proyecto: <b>CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI</b> Contacto: <b>Ty Gabriela Villamarín</b>															Fecha toma de muestra: <b>14-07-2021</b> Responsable: <b>J.S</b> Firma Responsable: <b>[Firma]</b> Procedimiento: <b>AAA-PI-5001</b>									
IDENTIFICACION MUESTRA	Hora	Coordenadas	*Matriz Muestra	Tipo		**Envase						Análisis in situ				Tabla / Análisis	DESCRIPCIÓN SITIO MUESTREO / OBSERVACIONES	USO AAALAB Código						
				Puntual	Com- pleta	VA	P	E	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	pH*				Temp. (°C)	CE* (uS/cm)	Caudal (L/s)			
Analisis Cretib Corrosividad	10:47	8n. 0771194 8e 9947767	S	/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+ Muestras tomadas bajo la Supervisión de la Ing. Gabriela Villamarín	26352					
Analisis Cretib Reactividad	10:48	8n. 0771194 8e 9947767	S	/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+ esta muestra fue recolectada de un cubeto metálico junto a la PTNA	26353					
Analisis Cretib Explosividad	10:48	8n. 0771194 8e 9947767	S	/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+ lugar a cielo abierto	26354					
Analisis Cretib Infiamabilidad	10:42	8n. 0771194 8e 9947767	S	/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+ Lodo de consistencia acuosa con mal olor.	26356					
Analisis Cretib Biológico	10:22	8n. 0771194 8e 9947767	S	/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+ PTNA Junto a patio de carga/descarga de camiones	26357					
Analisis Cretib Lixiviado	10:08	8n. 0771194 8e 9947767	O	/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+ Muestra de Lixiviados	26355					
Analisis Cretib Lodo	10:45	8n. 0771194 8e 9947767	L	/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		26358					

\*MATRIZ MUESTRAS: AN - Agua natural; AR - Agua residual; AC - Agua consumo; S - Suelo; L - Lodo; O - Otro (especificar) \*\* ENVASE: VA: Vidrio Ambar, P: Plástico, E: Estiril

PRESERVANTES: Acido Sulfúrico - H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; Acido Clorhídrico - HCl; Acido Nítrico - HNO<sub>3</sub>; Refrigeración: Registrar temperatura °C - 1. Acreditación SAE LEN 18-019


CONDICIONES CLIMÁTICAS: Humedad: 45% Temp: Amb 23.1	RECEPCION AAALAB Fecha: 14/07/21 Hora: 13:00 Responsable: SG	OT: 26352 Cumple integridad: <input checked="" type="checkbox"/> Etiquetado: <input checked="" type="checkbox"/>	APROBACIÓN AAALAB Aprobado por: A0 Fecha: 14/07/2021 Supervisión en campo: <input checked="" type="checkbox"/> Fecha:	PARA AGUAS DE DESCARGA: CUERPO RECEPTOR: <input type="checkbox"/> Alcantarillado <input type="checkbox"/> Cauce de Agua: VERTEDERO: <input type="checkbox"/> Triangular: <input type="checkbox"/> Rectangular: <input type="checkbox"/> Angulo: <input type="checkbox"/> Ancho cresta(cm): <input type="checkbox"/>
---	---	--	---	--

CLIENTE: Gabriela Villamarín  
Nombre / Firma / Sello Cliente: Gabriela Villamarín  
CARGO: Analista Calidad y Amb

PIA - 00301-02

GRUPO RM 2892734 • IMP. MAYO 2021 • DEL 24001 AL 25500 • ORIGINAL Y 2 COPIAS

## ANEXO 2: análisis de laboratorio

	<b>ANÁLITICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS</b> <b>ANAVANLAB CIA LTDA</b>  La Primavera, Leonardo Da Vinci 56-235 y Alberto Durero, Cumbayá, Cotacachi - 02-3320832 / 02-5143303 / <a href="mailto:anav@anavlab.com.ec">anav@anavlab.com.ec</a>	ANAVANLAB No: 26357 Pág. 1 de 1							
<b>INFORME DE RESULTADOS No. 26357</b>									
<b>1. DATOS GENERALES</b>									
EMPRESA:	MGA SANTAMARIA S.A. CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	TELÉFONO: 02 294 2930							
DIRECCIÓN:	MACHACHI / AV. PANAMERICANA SUR 01 Y SAN AGUSTIN	ING. GABRIELA VILAMARIN							
<b>2. INFORMACIÓN GENERAL:</b>									
TIPO DE MUESTRA:	LODOS	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:							
NÚMERO DE MUESTRA:	GETE	RESPONSABLE TOMA DE MUESTRA:							
		PERIODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:							
		14/07/2021 a 26/07/2021							
<b>3. RESULTADOS:</b>									
No. de Laboratorio	26357-1	26357-2	26357-3	26357-4	26357-5	26357-6	26357-7	Medias Geométricas 7 muestras	NOM 004 SEMARNAT, TABLA 2 W
Identificación	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES # 1 W0584 0771144.9047767	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES # 2 W0584 0771144.9047768	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES # 3 W0584 0771144.9047769	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES # 4 W0584 0771144.9047770	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES # 5 W0584 0771144.9047771	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES # 6 W0584 0771144.9047772	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES # 7 W0584 0771144.9047773		
Fecha de Muestreo	15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021	15/7/2021		
Proyecto	CD MACHACHI	CD MACHACHI	CD MACHACHI	CD MACHACHI	CD MACHACHI	CD MACHACHI	CD MACHACHI		
Parámetro (Unidades)	Método	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados		
Coliformes fecales NMP/g	SM 2122 D	$3,08 \times 10^4$	$2,14 \times 10^4$	$1,57 \times 10^4$	$1,15 \times 10^4$	$4,61 \times 10^4$	$1,01 \times 10^4$	$1,85 \times 10^4$	$2 \times 10^4$ NMP/g
Huevos Parasitos Invertebrados	SM 2160-B	<1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	55/g
Salmonelela NMP/g*	EPA LODD 1682	<2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	300/g
<b>NOTAS:</b>									
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAIC									
(**) Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.									
(1) NOM 004 SEMARNAT, TABLA 2 (LM, MAX. PERMISIBLES PATÓGENOS Y PARÁSITOS EN LODOS Y BIOSOLIDOS, CLASE C									
(1) 15 de Julio del 2021 personal técnico de ANAVANLAB CIA, LTDA, tomó 7 muestras en frascos esterilizados independientes, para determinar la media geométrica de un solo lote de los frascos de muestra independientes.									
El presente informe solo afecta a las muestras analizadas.									
<b>4. OBSERVACIONES</b>									
Resultado de Huevos Helminthos y Salmonelela realizado en el Laboratorio Centro Cuscal.									
INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:									
ANA ALEJANDRA HIDALGO ALVAREZ									
Firmado digitalmente por ANA ALEJANDRA HIDALGO ALVAREZ Fecha: 2021.07.26 16:22:39 -0500									
Lote: Alejandra Hidalgo Genera: Técnica ANAVANLAB CIA, LTDA.									
Quito, 26 de Julio del 2021.									

**INFORME DE RESULTADOS N° 26352**

1.- DATOS GENERALES			
CLIENTE:	MEGA SANTAMARIA S.A. CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	TELÉFONO:	294 2920
DIRECCIÓN:	MACHACHI / AV. PANAMERICANA SUR 01 Y SAN AGUSTIN	ATENCIÓN A:	ING. GABRIELA VILLAMARIN

2. INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	14/07/2021
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES WGS84 0771144;9947767		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	ANAVANLAB CIA. LTDA
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	14/07/2021		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	14/07/2021 al 16/07/2021

Norma de Comparación: NOM-052-SEMARNAT-2005 CARACTERÍSTICAS, IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y LISTADO RESIDUOS PELIGROSOS

3. RESULTADOS:							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	* CUMPLIMIENTO	** INCERTIDUMBRE + % U
1	pH	AAA-PE-S014/ EPA 9045 B	unid pH	7,0	2 a 12,5	CUMPLE	1

**NOTAS:**

AA (Acreditaciones):	* Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	** Los valores de Incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE. El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001		
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001		

Si el cliente suministró la muestra, los resultados aplican a la muestra como se recibió.

4. OBSERVACIONES	INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:
	Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 16 de julio de 2021

Digitally signed by ANA ALEJANDRA HIDALGO ALVAREZ  
 Date: 2021.07.16 22:22:23 +0200  
 Reason: Aprobando  
 Location: -



ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec



Muestra AAALab No: 26353  
Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS N° 26353							
<b>1.- DATOS GENERALES</b>							
CLIENTE:	MEGA SANTAMARIA S.A. CENTRO DE DISTRIBUCIÓN			TELÉFONO:	294 2920		
DIRECCIÓN:	MACHACHI / AV. PANAMERICANA SUR 01 Y SAN AGUSTIN			ATENCIÓN A:	ING. GABRIELA VILLAMARIN		
<b>2. INFORMACION DE LA MUESTRA</b>		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI		
TIPO DE MUESTRA:	LODO			FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	14/07/2021		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES WGS84 0771144;9947767			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	ANAVANLAB CIA. LTDA		
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	14/07/2021			PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	14/07/2021 al 27/07/2021		
Norma de Comparación: NOM-052-SEMARNAT-2005 CARACTERÍSTICAS, IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y LISTADO RESIDUOS PELIGROSOS							
<b>3. RESULTADOS:</b>							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	* CUMPLIMIENTO	** INCERTIDUMBRE + % U
(*)	Reacción con ácido	CUALITATIVO	NA	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA
(*)	Reacción con agua	CUALITATIVO	N/A	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA
(*)	Reacción con álcali	CUALITATIVO	N/A	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA
<b>NOTAS:</b>							
AA (Acreditaciones):		*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE			**Los valores de Incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%		
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito							
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE. El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001							
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.							
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca							
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001							
Si el cliente suministró la muestra, los resultados aplican a la muestra como se recibió.							
<b>4. OBSERVACIONES</b>		ANA ALEJANDRA RA HIDALGO ALVAREZ Firmado digitalmente por ANA ALEJANDRA HIDALGO ALVAREZ Fecha: 2021.07.27 09:52:47 -05'00'			<b>INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 27 de julio de 2021		

MC0703-07

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.

## ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS

ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ecMuestra AAALab No: 26358  
Página 1 de 1

<b>INFORME DE RESULTADOS N° 26358</b>
---------------------------------------

<b>1.- DATOS GENERALES</b>			
CLIENTE:	MEGÁ SANTAMARIA S.A. CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	TELÉFONO:	294 2920
DIRECCIÓN:	MACHACHI / AV. PANAMERICANA SUR 01 Y SAN AGUSTIN	ATENCIÓN A:	ING. GABRIELA VILLAMARIN

<b>2. INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	14/07/2021
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES WGS84 0771144;9947767		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	ANAVANLAB CIA. LTDA
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	14/07/2021	PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	14/07/2021 al 03/08/2021	

<b>3. RESULTADOS:</b>					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	**INCERTIDUMBRE + % U
(*)	<b>PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD</b>	ASTM D2667	%	65,5	NA
(*)	Fósforo Total	SM 4500 P B-C	mg/kg	359,9	NA
(*)	Humedad	ASTM D4959	%	92,58	NA
(*)	Materia Orgánica	Volumetría	%	95,26	NA
(*)	Nitrógeno total	SM 4500-N C	%	0,1	NA
(*)	Potasio	EPA 7000A	mg/kg	19,0	NA
(*)	Residuo seco	ASTM D4959	mg/Kg	76868	NA
2	Sólidos Volátiles	EPA 1684	mg/Kg	8193,0	NA

<b>NOTAS:</b>		
AA (Acreditaciones):	* Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	** Los valores de incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con K=2, nivel de confianza 95,45%
1: Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE.	N1: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma	
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE.	N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es superior a la norma	
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PIA003 / AAA-PI-5001		

Si el cliente suministró la muestra, los resultados aplican a la muestra como se recibió.

<b>4. OBSERVACIONES</b> Resultado de Sólidos Volátiles Totales realizado en el Laboratorio Centro Cesal.	<b>INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 3 de agosto de 2021
---	--

ANA ALEJANDRA HIDALGO ALVAREZ  
Firmado digitalmente por ANA ALEJANDRA HIDALGO ALVAREZ  
Fecha: 2021.08.03 11:22:55 -0500

MC0703-07

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.



ANÁLITICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matríz: La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec



Muestra AAALab No: 26354

Página 1 de 1

**INFORME DE RESULTADOS N° 26354**

**1.- DATOS GENERALES**

CLIENTE:	MEGA SANTAMARIA S.A. CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	TELÉFONO:	294 2920
DIRECCIÓN:	MACHACHI / AV. PANAMERICANA SUR 01 Y SAN AGUSTIN	ATENCIÓN A:	ING. GABRIELA VILLAMARIN

<b>2. INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	14/07/2021
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES WGS84 0771144;9947767		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	ANAVANLAB CIA. LTDA
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	14/07/2021		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	14/07/2021 al 23/07/2021

Norma de Comparación: NOM-052-SEMARNAT-2005 CARACTERÍSTICAS, IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y LISTADO RESIDUOS PELIGROSOS


**3. RESULTADOS:**

AA	PARÁMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	* CUMPLIMIENTO	** INCERTIDUMBRE + % U
(*)	EXPLOSIVIDAD	NOM-052-SEMARNAT/05	NA	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA

**NOTAS:**

<b>AA (Acreditaciones):</b>	* Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	** Los valores de incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matríz Quito		
[*]: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE. El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001		
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coto		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001		

Si el cliente suministró la muestra, los resultados aplican a la muestra como se recibió.

<b>4. OBSERVACIONES</b>	<p><b>INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 23 de julio de 2021</p> 
-------------------------	--

MC0703-07

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.

**INFORME DE RESULTADOS N° 26355**

**1.- DATOS GENERALES**

CLIENTE:	MEGA SANTAMARIA S.A. CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	TELÉFONO:	294 2920
DIRECCIÓN:	MACHACHI / AV. PANAMERICANA SUR 01 Y SAN AGUSTIN	ATENCIÓN A:	ING. GABRIELA VILLAMARIN

<b>2. INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI
TIPO DE MUESTRA:	LIXIVIADO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	14/07/2021
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES WGS84 0771144;9947767		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	ANAVANLAB CIA. LTDA
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	14/07/2021		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	14/07/2021 al 27/07/2021

Norma de Comparación: NOM 052 SEMARNAT 2005, TABLA 2 LÍM. MÁX. PERMISIBLE EXTRACTO PECT

**3. RESULTADOS:**

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	* CUMPLIMIENTO	** INCERTIDUMBRE + % U
1	Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	0,0042	5,0	CUMPLE	NA
1	Bario	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,0	100	CUMPLE	30
1	Cadmio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,04	1,0	CUMPLE	30
1	Cobre	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	1,25	NA		30
1	Cromo Total	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,6	5,0	CUMPLE	30
1	Mercurio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0050	0,2	CUMPLE	NA
1	Niquel	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,3	NA		30
1	Plata	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,1	5,0	CUMPLE	30
1	Plomo	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,9	5,0	CUMPLE	30
1	Selenio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,005	1,0	CUMPLE	NA
1	Zinc	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,67	NA		30

**NOTAS:**

<b>AA (Acreditaciones):</b>	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	**Los valores de incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito		
[*]: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE. El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001		
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Caca		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001		

Si el cliente suministró la muestra, los resultados aplican a la muestra como se recibió.

<b>4. OBSERVACIONES</b>	<p><b>INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:</b>          Lcda. Alejandra Hidalgo          Gerente Técnica          ANAVANLAB CIA. LTDA.          Quito, 27 de julio de 2021</p> 
-------------------------	--



ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec



Muestra AAALab No: 26356  
Página 1 de 1

**INFORME DE RESULTADOS N° 26356**

1.- DATOS GENERALES			
CLIENTE:	MEGA SANTAMARIA S.A. CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	TELÉFONO:	294 2920
DIRECCIÓN:	MACHACHI / AV. PANAMERICANA SUR 01 Y SAN AGUSTIN	ATENCIÓN A:	ING. GABRIELA VILLAMARIN

2. INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	CENTRO DE DISTRIBUCION MACHACHI
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	14/07/2021
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	PTAR JUNTO A PATIO DE CARGA / DESCARGA DE CAMIONES WGS84 0771144;9947767		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	ANAVANLAB CIA. LTDA
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	14/07/2021		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	14/07/2021 al 27/07/2021

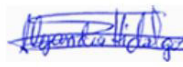
**Norma de Comparación: NOM-052-SEMARNAT-2005 CARACTERÍSTICAS, IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y LISTADO RESIDUOS PELIGROSOS**

3. RESULTADOS:	AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	* CUMPLIMIENTO	**INCERTIDUMBRE + % U
(*)		<b>INFLAMABILIDAD</b>	NOM-052-SEMARNAT/05	NA	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA

**NOTAS:**

AA (Acreditaciones):	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE	**Los valores de Incertidumbre se expresan en porcentaje y se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE. El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001		
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001		

Si el cliente suministró la muestra, los resultados aplican a la muestra como se recibió.

4. OBSERVACIONES	INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:
	<p>Firmado digitalmente por ANA ALEJANDRA HIDALGO ALVAREZ Fecha: 2021.07.27 09:36:09 -05'00'</p> <p>Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 27 de julio de 2021</p> 

MC0703-07

Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.

**ANEXO 3: Manual para el aprovechamiento de lodos generados en la PTAR de procesamiento cárnico de la cadena de supermercados santa maría s.a.**