



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES

**Caracterización de lodos de fosas sépticas de las plantas de
tratamiento rurales del cantón Cuenca.**

Trabajo de graduación previo a la obtención de:
INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Autores:

IGNACIO JAVIER MUÑOZ ESPINOZA
CRISTIAN ANIBAL ORELLANA ARÉVALO

Director:

MARÍA BELÉN ARÉVALO DURAZNO

CUENCA – ECUADOR

2019

DEDICATORIA

A mis padres Nacho, Lía y mi hermano Andrés personas que fueron fundamentales durante este camino para obtener mi profesión. Mis abuelos paternos y maternos, también a mi primo Rafael y su familia personas a las que quiero mucho y siempre están preocupados por mi bienestar. Y quiero de manera muy especial dedicar este trabajo a mi gran amigo José Luis Ordoñez Cárdenas, que, por decisiones de Dios, ahora está a su lado.

Ignacio Javier Muñoz Espinoza.

A Dios, a mis padres Aníbal Orellana, María Arévalo y hermana Fernanda Orellana, quienes fueron mis pilares fundamentales durante todo este camino de mucho sacrificio para obtener mi título de tercer nivel.

Cristian Aníbal Orellana Arévalo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la virgen Dolorosa que desde niño me encomendaba para realizar mis labores diarias tanto personales como estudiantiles, a mi madre el pilar fundamental para seguir siempre adelante a pesar de todas las circunstancias difíciles en las que me encontraba.

Ignacio Javier Muñoz Espinoza.

A Dios, a la virgen Dolorosa, a mis padres Aníbal y María, a mi hermana Fernanda, quienes me apoyaron en todo momento y nunca dejaron de hacerlo, a quienes amo con toda mi vida y esto es por ellos.

Cristian Aníbal Orellana Arévalo

Agradecemos de manera especial a nuestra directora, la Ingeniera Belén Arévalo por su guía, sus conocimientos y enseñanza a lo largo de este trabajo; a la empresa Etapa EP, por proporcionarnos datos y personal que nos guio a lo largo de esta investigación; también a la Ingeniera Verónica Rodas y Doctora María José Chérrez.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
Introducción	1
Antecedentes	2
Justificación	2
Objetivos.....	2
Capítulo 1: Generalidades de las aguas residuales y lodos de depuradoras	4
1.1 Aguas residuales	4
1.1.1. Parámetros físicos	4
1.1.2. Parámetros químicos	5
1.2 Fosas sépticas.....	6
1.3 Lodos de las fosas sépticas	7
1.3.1 Origen.....	7
1.3.2 Cantidad y características del lodo.....	7
1.3.3 Disposición de lodos	8
1.4 Tratamiento de lodos residuales.....	9
1.4.1 Lecho de secado	9

1.4.2	Digestión anaerobia.....	10
1.4.3	Digestión aerobia	10
1.4.4	Incineración.....	11
1.5	Parámetros Físico-químicos evaluados en lodos	11
1.6	Parámetros microbiológicos evaluados en lodos	12
Capítulo 2: Metodología		14
2.1	Generalidades del área de estudio.....	14
2.2	Levantamiento de información en campo.....	16
2.3	Prueba de la toalla blanca	16
2.3.1	Herramientas utilizadas para la prueba de la toalla blanca.....	16
2.3.2	Procedimiento	16
1.4	Plan de muestreo	19
2.4.1	Generalidades	19
2.4.2	Determinación del tamaño de la muestra.....	20
2.4.3	Toma de muestras	22
1.5	Análisis físico-químico	24
Capítulo 3: Resultados y discusión.....		25
3.1	Características generales de fosas sépticas de las plantas rurales.....	25
1.6	Prueba de Toalla Blanca	27
1.7	Parámetros Físico-Químicos.....	29
Conclusiones y Recomendaciones.....		35
Referencias Bibliográficas.....		36
Anexos		39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Mapa de la provincial del Azuay, ubicación de las PTAR rurales.....	15
Figura 2. 2 Colocación de la toalla	17
Figura 2. 3 Introducción en la fosa	17
Figura 2. 4 Medición de estratos.....	18
Figura 2. 5 Modelo de fichas de registro.	19
Figura 2. 6 Preparación de la almeja de lodos.	22
Figura 2. 7 Introducción almeja.....	23
Figura 2. 8 Almeja con muestra.....	23
Figura 2. 9 Obtención de muestra.....	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ventajas y desventajas de la digestión anaerobia y aerobia	10
Tabla 2.1 Cálculo muestral con valores en función de la media SSV	21
Tabla 2.2 PTAR seleccionadas para el muestreo.....	21
Tabla 3.1 Características de las PTAR del cantón Cuenca.....	25
Tabla 3.2 Parámetros importantes registrados	27
Tabla 3.3 Características físico-químicas de los lodos residuales	32
Tabla 3.4 Características físico-químicas de las aguas residuales.....	33
Tabla 3.5 <i>Characteristics of septage samples from Chennai city during different seasons</i>	34

ÍNDICE DE ANEXOS

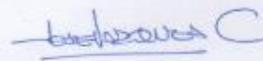
Anexo 1. Fichas de registro de las PTAR para levantamiento de información en campo	39
Anexo 2. Recepción de muestras en el laboratorio de ETAPA EP	42
Anexo 3. Resultados del análisis físico-químico de lodos realizados en el laboratorio de ETAPA EP.....	43

RESUMEN

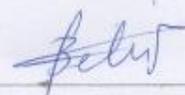
RESUMEN

El presente trabajo corresponde a la caracterización de lodos de fosas sépticas de las plantas de tratamiento rurales del cantón Cuenca. Actualmente los lodos de estas fosas sépticas son descargados, sin ningún tipo de tratamiento, en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ucubamba. Para poder brindar un correcto manejo a estos lodos, es necesario conocer primero sus características físicas y químicas. Cinco de las 21 fosas sépticas existentes en las plantas rurales, fueron muestreadas y analizadas para DBOs, SST y SSV.

Palabras clave: Caracterización, lodos, fosas sépticas, plantas de tratamiento.



Ing. José Fernando Vázquez Calero
DIRECTOR DE ESCUELA



Ing. María Belén Arévalo Durazno
DIRECTOR DE TESIS



Ignacio Javier Muñoz Espinoza
AUTOR



Cristian Anibal Orellana Arévalo
AUTOR

ABSTRACT

ABSTRACT

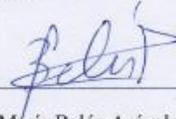
This work corresponds to the characterization of septic tank sludge from the rural treatment plants of Cuenca. Currently, the sludge from these septic tanks is discharged without any type of treatment at the wastewater treatment plant in Ucubamba. In order to provide proper management of these sludges, it is necessary to know their physical and chemical characteristics. Five of the twenty-one septic tanks from the rural plants were sampled and analyzed for DBO_5 , SST and SSV.

Keywords: Characterization, sludge, septic tanks, treatment plants.



Ing. José Fernando Vázquez Calero

FACULTY DIRECTOR



Ing. María Belén Arévalo Durazno

THESIS DIRECTOR



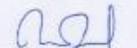
Ignacio Javier Muñoz Espinoza

AUTHOR



Cristian Anibal Orellana Arévalo

AUTHOR



Translated by
Ing. Paul Arce

Ignacio Javier Muñoz Espinoza

Cristian Aníbal Orellana Arévalo

Trabajo de graduación

Ing. María Belén Arévalo Durazno

Caracterización de lodos de fosas sépticas de las plantas de tratamiento rurales del cantón Cuenca.

Introducción

El tratamiento de las aguas residuales, tanto municipales como industriales, tiene como objetivo remover los contaminantes presentes, con el fin de hacerlas aptas para otros usos, o bien para evitar daños ambientales. Sin embargo, el tratamiento del agua trae siempre como consecuencia la formación de lodos residuales y subproductos indeseables difíciles de tratar, que implican un costo extra en su manejo y disposición.

Este trabajo de investigación pretende caracterizar los contaminantes que se encuentran en el lodo que se genera a partir del tratamiento de las aguas residuales mediante fosas sépticas, pues un buen tratamiento de lodos es importante, y para lograrlo es preciso conocer de forma detallada y confiable las características físicas, químicas y biológicas de estos lodos, con el fin de predecir, estimar consecuencias de cambios y tomar medidas sobre su recolección y transporte, detalles que, a pesar de los esfuerzos municipales, se están omitiendo en los procesos actuales.

En las zonas rurales de Cuenca, actualmente, existen varias Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs), que son las encargadas de recibir las aguas negras de cada población para las que fueron creadas. Estas PTARs cuentan con fosas sépticas como parte de su tratamiento primario. En estos tanques sépticos, se da estabilidad hidráulica al agua residual que entra, permitiendo que exista sedimentación por gravedad de las partículas pesadas. Todo este material, que se sedimenta, forma una capa de lodo en la parte inferior del tanque, el mismo que debe ser extraído periódicamente para recibir algún tipo de tratamiento antes de su disposición final, sin embargo, el proceso de desecho no es el adecuado, provocando un daño al ambiente en la zona de Ucubamba.

Antecedentes

Actualmente, varias PTARs rurales poseen lechos de secado para los lodos de sus fosas sépticas, pero gran parte de ellas no cuentan con tratamiento para lodos, por lo que, la empresa pública, ETAPA EP, presta el servicio de limpieza de fosas sépticas, a través de vehículos *hidrocleaners*, los cuales, luego de realizar su trabajo descargan el agua residual y lodos extraídos de las fosas sépticas en la PTAR de Ucubamba; sin embargo, esta PTAR no cuenta con ninguna estructura diseñada para el tratamiento de dichos desechos, por lo que los *hidrocleaners* son obligados a descargar los efluentes de las fosas, directamente en una de las lagunas aireadas (primer paso de tratamiento de la PTAR), produciéndose una acumulación de lodos y material fino y grueso inerte en esta laguna.

Justificación

La PTAR de Ucubamba no está diseñada para el tratamiento de lodos, por lo que, resulta importante buscar una solución oportuna, que permita dar un tratamiento y disposición adecuados a los lodos de las fosas sépticas de las PTARs rurales, a través de una caracterización por medio de muestras extraídas de las diferentes PTARs rurales de Cuenca. Los datos estadísticos, que se recopilen de las zonas, permitirán generar un impacto positivo, tanto en la salud como en el medio ambiente, puesto que, con ellos, se podrá planificar adecuadamente un correcto tratamiento del lodo, dependiendo de sus características físicas, químicas y microbiológicas.

Objetivos

Objetivo general

Caracterizar física y químicamente los lodos de las fosas sépticas de las plantas de tratamiento rurales de Cuenca.

Objetivos específicos

- Realizar la revisión literaria del tema a estudiar.
- Levantar información de campo en cada una de las plantas rurales.
- Diseñar un plan para la toma de muestras representativas de los lodos de las fosas sépticas de las plantas de tratamiento rurales de Cuenca.
- Realizar las campañas de muestreo en campo.
- Determinar las características físicas y químicas de los lodos en laboratorio.

- Analizar los resultados obtenidos en el laboratorio.

Capítulo 1: Generalidades de las aguas residuales y lodos de depuradoras

1.1 Aguas residuales

Las aguas residuales son producidas principalmente por cuatro fuentes fundamentales: aguas domésticas, aguas industriales, escorrentías de usos agrícolas y escorrentías pluviales. Generalmente, estas aguas son recaudadas por un sistema de alcantarillado que conduce a una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la zona.

Las aguas residuales domésticas están compuestas por microorganismos, virus y bacterias que causan enfermedades, estos organismos patogénicos pueden originarse en individuos infectados o animales domésticos o salvajes.

Es complicado conocer de manera profunda los contaminantes y componentes presentes en el agua residual, pues estos varían siempre, incluso, cuando las aguas provienen de una misma fuente u origen.

A continuación, se presentan las características principales de las aguas residuales tanto físicas, químicas, como biológicas.

1.1.1. Parámetros físicos

Olor

Aguas residuales recientes o frescas tienen olores tolerables, aguas residuales sépticas tienen olores muy fuertes y desagradables por la liberación de gases producto de la descomposición orgánica, especialmente sulfuro de hidrógeno.

Temperatura

Generalmente la temperatura de un agua residual es mayor que la temperatura del ambiente, se presenta 1 o 2 grados Celsius más alta que la temperatura del agua potable. Temperaturas altas permiten el crecimiento de los microorganismos y fomentan a generar mayores velocidades de reacción y descomposición de los contaminantes.

Color

Mediante el color se pueden clasificar las aguas residuales, un agua reciente o fresca tiene un color gris, a medida que hay consumo de oxígeno y descomposición de compuestos presentes en la misma se va poniendo más oscura hasta volverse negra.

Sólidos totales (ST)

Es la cantidad de partículas que quedan luego de evaporar el agua residual en un rango de 103-105 grados Celsius, se clasifican en:

- Sólidos Suspendidos Totales (SST): partículas sólidas que son retenidas por un filtro de vidrio y que tienen diámetros mayores a 10^{-3} μm . Se clasifican en fijos y volátiles:
 - Sólidos Suspendidos Fijos (SSF): partículas inertes que soportan temperaturas elevadas sobre los (550°C).
 - Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV): partículas orgánicas que desaparecen cuando son sometidas a altas temperaturas (550°C).
- Sólidos Disueltos Totales (SDT): partículas sólidas de dimensiones pequeñas que pasan filtro estandarizado de vidrio y tienen diámetros menores a 10^{-3} μm .
- Sólidos Sedimentables (SS): partículas orgánicas e inorgánicas que sedimentan en 60 minutos en el cono de Imhof.

1.1.2. Parámetros químicos

Materia orgánica (MO)

Constituyentes orgánicos que se hallan en el agua residual, como: proteínas, lípidos y carbohidratos. Los parámetros presentes en el agua residual, se los puede analizar bajo los siguientes parámetros, según Ordóñez y Palacios (2017):

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5): es un método de medición indirecto que se puede utilizar para materia orgánica biodegradable, lo que mide este parámetro es el oxígeno disuelto en condiciones aerobias consumidas por microorganismos en 5 días y a una temperatura de 20°C .
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): medida de la cantidad de oxígeno necesario para llevar a cabo procesos de estabilización química de la materia orgánica total. Para calcular este parámetro se emplea dicromato potásico que es un oxidante químico muy fuerte. La DQO es siempre mayor a la DBO.

Materia inorgánica (MI)

Dentro de la materia inorgánica, se incluyen a todos los sólidos de origen generalmente mineral:

- **Nitrógeno Total (NT):** disminuye la cantidad de oxígeno presente en aguas superficiales, sin embargo, es un nutriente sustancial para que crezcan los microorganismos depuradores del agua residual. Se debe tener cuidado con concentraciones excesivas de nitrógeno, ya que provoca superabundancia de crecimiento de algas. Asimismo, si se encuentra en forma de hidróxido de amoníaco (NH_3) es perjudicial para los peces.
- **Fósforo Total (FT):** incluye formas de fosfatos orgánicos e inorgánicos y al igual que el nitrógeno es un nutriente sustancial en los tratamientos de depuración y que permiten el crecimiento de algas, lo que puede significar eutrofización y deterioro de los cuerpos de agua por lo que es recomendable su eliminación (Sperling, 2007).
- **Potencial Hidrógeno (pH):** indica la concentración de ion hidrógeno presente en el agua residual, este parámetro permite conocer qué tan alcalina o ácida es un agua residual. Para una correcta actividad de los sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales, es necesario que los valores de pH oscilen en un rango de 6.5 a 8.5, que permita el desarrollo de las bacterias depuradoras y una descarga segura de los efluentes a las fuentes naturales (Romero, 2000).
- **Alcalinidad:** capacidad del agua para neutralizar ácidos. Se puede decir que un agua residual es alcalina cuando sus concentraciones están entre 50-200 mg/L. Cuando se opera bajo condiciones anaerobias es necesario vigilar la alcalinidad, ya que si estos valores son bajos existirán cantidades de pH con bajas considerables, llevando como consecuencia a que las bacterias y microorganismos se vean afectadas en su actividad (Romero, 2000).

1.2 Fosas sépticas

Las aguas residuales pueden recibir varios tipos de tratamientos, como por ejemplo tratamientos primarios, en donde se encuentran las fosas sépticas, que son sistemas encargados de remover sólidos sedimentables finos, gruesos y material flotante, como aceites y grasas que contienen las aguas negras.

Las fosas sépticas son tanques rectangulares o cilíndricos herméticos, construidos generalmente de hormigón armado o mampostería de piedra. El agua residual llega a las mismas luego de pasar por un desarenador, rejilla y finalmente ingresa a las fosas que normalmente en nuestro medio están compuestas por dos cámaras. En la primera se da la

sedimentación de sólidos más densos que el agua, acumulándose en la parte inferior, conocida generalmente como la zona de lodos, los de menor densidad como grasas y aceites, considerados como material flotante, se retienen en forma de espuma o nata en la parte superior de la cámara y, finalmente, la parte del centro de la fosa que es donde se lleva a cabo el proceso de separación de partículas, conocida como sobrenadante (Mendez, Gijon, Quintal, & Osorio, 2007). Luego, las aguas residuales pasan a una segunda cámara, en donde el agua pasa más filtrada y hay menor cantidad de material flotante y, por lo tanto, menor acumulación de lodos. Como resultado de este proceso de sedimentación se da la acumulación de lodos que deben ser gestionados de alguna manera para su correcto tratamiento y disposición final (Mendez, Gijon, Quintal, & Osorio, 2007).

1.3 Lodos de las fosas sépticas

1.3.1 Origen

Los lodos se originan en todos los tipos de tratamiento, excepto en los humedales, ya que en este caso los lodos no son un residuo. En una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, los lodos se originan en las fases de tratamiento primario y tratamiento secundario que se realiza a las aguas residuales tratadas en la planta (Limon, 2013). Dentro de las fosas sépticas, que es un tipo de tratamiento primario, se generan sedimentos o comúnmente llamados lodos, que tienen una densidad semisólida y que son originados de aguas residuales, generalmente domésticas, con altos contenidos de materia orgánica (Lueghe, 2007).

El lodo obtenido en una fosa séptica contiene tan solo un 3% de sólidos, con concentraciones elevadas de materia orgánica, con valores DQO de hasta 3000 mg/l o más y un porcentaje de agua que varía entre un 92% y 96%. Existen factores que alteran las características físicas de los residuos sépticos, como el tamaño del tanque séptico, el clima, la edad del lodo, los hábitos del usuario del área de aporte, el diseño, el material de tuberías por su rugosidad que puede variar, las características del abastecimiento de agua, trituradores de basura, uso de aparatos de mantenimiento del agua, productos químicos y compuestos reductores de la solidez del agua (Mendez, Gijon, Quintal, & Osorio, 2007).

1.3.2 Cantidad y características del lodo

El lodo extraído de las fosas sépticas es de consistencia semilíquida, conformado por líquido y un manto externo de espuma. Se caracteriza por estar formado de arena, aceite y grasa, sólidos y materia orgánica, frutas, vegetales, etc., que están empezando su proceso de putrefacción. Como características considerables del lodo obtenido en fosas sépticas, se incluyen cantidades esperadas, contenidos de nutrientes y metales pesados (Crites, 2000). Además de todas estas características del lodo, existen sólidos sedimentables, cuya cantidad está en función del tiempo de retención hidráulico, se los obtiene de un desarrollo de sedimentación primaria, es decir de fosas sépticas (Limon, 2013).

Algo que se debe tomar en cuenta, para determinar la cantidad y propiedades del lodo, es el tipo de tratamiento al que se ha impuesto; en un tratamiento primario la cantidad de sólidos y sedimentación es inferior a la de un tratamiento secundario. Un parámetro considerable, en cuanto a la cantidad, es la consistencia del lodo que viene a ser un fluido con una densidad alta y porcentaje de humedad, con un 96% presente en un lodo primario (Limon, 2013).

Según la frecuencia de bombeo, las características de estos lodos podrán variar, tomando en cuenta si su origen es de zonas residenciales o comerciales (Crites, 2000). Según Majumder, Prakasam y Suryaprakasam (1960), en un estudio realizado en la India exclusivamente para zonas rurales, la acumulación de lodos es de 40 l/hab x año.

Con la finalidad de garantizar la eficiencia de las fosas sépticas, la Norma Oficial Mexicana (NOM-006-CNA, 1997) sugiere que se deben realizar inspecciones visuales periódicas, por lo menos cada seis meses del contenido de la fosa, y limpieza de lodos cada 12 meses, además tener un especial cuidado con el exceso de material flotante presente, ya que pueden taponar las tuberías. Sin embargo, la EPA (2002) indica que cuando la cantidad volumétrica de la fosa rebase el 30% de su capacidad total, tanto natas como lodos se deben remover.

1.3.3 Disposición de lodos

Se tiene algunas opciones de disposición final de lodos, relleno sanitario, producción de compost (EPA, 1994). Para escoger una opción es imprescindible saber sus características físico-químicas, corrosivas, explosivas, tóxicas, infecciosas, reactivas y biológicas, lo que posibilitará examinar si el lodo es un residuo peligroso o no peligroso, lo que se conoce como (CRETIB) (Departamento de Ingeniería, 2006).

Se debe tener presente que los lodos a ser tratados necesitan extensas áreas de terreno para su disposición, para controlar tanto su vida útil como el tratamiento de lixiviados obtenidos, donde se debe tener especial cuidado de no afectar a fuentes hídricas cercanas. Los lodos obtenidos, se los puede analizar para, a su vez, aprovecharlos de alguna manera, como generar energía eléctrica y calórica a través del biogás, mejorar la estructura del suelo ya que estos aportan grandes cantidades de nutrientes, como zinc, fósforo, nitrógeno, cobre, entre otros.

Los lodos conseguidos de las fosas sépticas necesitan ser tratados antes de ser evacuados a su disposición final, estos lodos pueden ser semilíquidos o concentrados. Su estructura varía, en su mayoría son materia orgánica. Dependiendo de su composición, estos lodos necesitan someterse a diferentes etapas de tratamiento, como deshidratación, espesamiento, lecho de secado, estabilización, desinfección, entre otras.

1.4 Tratamiento de lodos residuales

El tratamiento de lodos tiene como objetivo primordial la estabilización o degradación del lodo, eliminando de ellos la materia orgánica y los organismos patógenos que pueden estar presentes, así como disminuir su volumen. Primero, se da la deshidratación del mismo, con la finalidad de remover el líquido presente en el lodo, que es la mayor cantidad con la que está compuesto el mismo y de esta manera lograr transportar el lodo, ya deshidratado, para una disposición final, donde puede ser aprovechado, depositarlos en rellenos sanitarios o si tienen buenas condiciones pueden ser utilizados como abono o material para suelos (Noyola, Morgan, & Guereca, 2013).

Los lodos producidos en las diferentes PTAR, manifiestan algunos riesgos debido a su origen y al tratamiento que se requiere, el tratamiento de los lodos es costoso, debido principalmente, a su infraestructura, pero se pueden obtener grandes beneficios tanto ambientales, económicos y para la comunidad.

1.4.1 Lecho de secado

El secado de lodos se da por la evaporación del agua presente en el lodo, reduciendo así el peso del lodo a ser tratado, el proceso de secado de lodos se da comúnmente por métodos de radiación. Existen varios procesos para deshidratar lodos, el más utilizado en nuestro medio y en las PTAR de zonas rurales, que son plantas pequeñas, son los lechos de secado, que

permiten que drene el agua de los lodos hacia el fondo, para esto el lecho debe tener tuberías con pequeñas perforaciones y cubrir estas tuberías con arena y grava con espesores de 40cm y 30cm, respectivamente (Metcalf & Eddy, 1995), quedando en la superficie el lodo deshidratado. Estos lechos generalmente tienen una forma rectangular, con una profundidad pequeña.

1.4.2 Digestión anaerobia

Cuando hablamos de digestión anaerobia quiere decir que es un proceso que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno, la misma que está compuesta de dos etapas, en la primera se obtienen ácidos volátiles, mientras en la segunda etapa las bacterias anaerobias generan gas metano a partir de ácidos volátiles producidos en la etapa uno (Departamento de Ingeniería, 2006).

El producto de este proceso que se lleva a cabo mediante una descomposición microbiana en ausencia de oxígeno es conocido como ‘biogás’ que es una mezcla de gases como: metano, sulfuro de hidrogeno, dióxido de carbono, oxígeno molecular y amoníaco, prevaleciendo la cantidad de metano entre un 50 a 70% tomando en cuenta que este gas metano es un hidrocarburo que puede ser explosivo a 1,4 atmósferas, mientras que el dióxido de carbono en cantidades de 50 a 70% el mismo es corrosivo y genera malos olores. Además, está la suspensión húmeda conocida como lodo en donde se encuentra materia orgánica la misma que es descompuesta por microorganismos presentes (Acosta & Obaya, 2005). Lo restante que es biodegradado por los microorganismos es utilizado para mejorar los suelos agrícolas.

1.4.3 Digestión aerobia

Este es un proceso que se lleva a cabo en presencia de oxígeno, durante un cierto periodo, de una mezcla de lodo de tratamiento biológico y un lodo asimilable de la clarificación primaria, para estimular el crecimiento de microorganismos aerobios, llevando como consecuencia la muerte de células por su propia autooxidación con disminución de sólidos suspendidos.

La finalidad de la digestión aerobia es disminuir la cantidad de lodos que serán vaciados después (Departamento de Ingeniería, 2006).

Tabla 1.1 Ventajas y desventajas de la digestión anaerobia y aerobia

Proceso	Ventajas	Desventajas
Digestión Anaerobia	Desintegración alta de sólidos suspendidos volátiles, 40 a 60%.	Material sobrenadante posee alta carga de DBO, DQO, SST.

	Si el gas metano se utiliza los costos de operación bajan ya que se puede generar energía. Genera biosólidos ideales para los cultivos. Reduce la masa y volumen de lodos. Una vez estabilizado el lodo se lo puede desecar de una manera simple por gravedad.	Emana olores muy fuertes. Los costos de inversión al inicio son elevados. Si el proceso tiene complicaciones o se desestabiliza su recuperación toma tiempo.
Digestión Aerobia	Los costos de inversión al inicio son más bajos que la digestión anaerobia. La operación de este proceso es sencilla. No genera olores fuertes si su diseño es correcto. Reduce la masa y volumen de lodo.	El consumo de energía eléctrica genera altos costos de operación. Descenso de alcalinidad y pH. Menor reducción de SSV que digestión anaerobia. No se puede generar biogás con capacidad de generación de energía.

Fuente: (Federation, 2010) (Metcalf & Eddy, 2003).

1.4.4 Incineración

La incineración es un proceso que opera en condiciones aerobias y elevadas temperaturas, su finalidad es reducir la cantidad y peso del lodo tratado; su vapor generado puede ser aprovechado para generar energía eléctrica (Glynn & Gary, 1996). Para América Latina, la incineración es aún un tratamiento muy costoso, puesto que se necesita de tecnología y personal muy capacitado, además que la humedad del lodo es muy alta como para realizarla de forma efectiva, siendo este parámetro de consideración importante.

1.5 Parámetros físico-químicos evaluados en lodos

Dentro de las características físico-químicos de lodos se tiene una serie de metales y compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el mismo, como ya se describió en las aguas residuales. Según autores como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2007) y Morales (2005), estos contaminantes se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5): este parámetro es un ensayo muy importante para la determinación de materia orgánica biodegradable de la cantidad de oxígeno requerido por

los microorganismos en condiciones aeróbicas en un tiempo de cinco días y una temperatura de 20° C (IDEAM, 2007).

- Metales: en los lodos residuales se pueden encontrar básicamente metales que son esenciales para el metabolismo de los organismos vivos, tales como; cobre, vanadio, zinc, cobalto. Sin embargo, los metales pesados llegan a ser nocivos para la salud, tales como: níquel (Ni), plomo (Pb), zinc (Zn), mercurio (Hg), cobre (Cu) y cromo (Cr). En lodos provenientes de aguas residuales domésticas estos metales se encuentran en cantidades pequeñas, lo que no ocurre con lodos provenientes de aguas residuales industriales, en donde las concentraciones de estos metales son preocupantes (Morales, 2005).
- Nutrientes: nitrógeno (N) y fósforo (P) son los nutrientes que en mayor cantidad se encuentran en los lodos. Cerca del 80% del nitrógeno presente en los lodos son aprovechados por las plantas, mientras que el fósforo se encuentra aproximadamente entre un 40-80% (Morales, 2005).
- Contaminantes orgánicos: Los contaminantes orgánicos presentes en los lodos son muy nocivos, tanto para el medio ambiente como para la salud de las personas. Una característica fundamental de estos contaminantes es la alta capacidad de adsorción, razón por la cual se introducen en los lodos. Entre estos contaminantes tenemos: disolventes producto de procesos industriales, plaguicidas, plastificantes, etc., y muchas de las veces inclusive se pueden encontrar hidrocarburos aromáticos como producto de combustión de combustibles fósiles (Morales, 2005).

1.6 Parámetros microbiológicos evaluados en lodos

Los parámetros más destacados a analizar son:

- Coliformes totales y fecales: son bacterias que pueden crecer en condiciones aerobias o anaerobias facultativas capaces de fermentar la lactosa con producción de gas. Los coliformes fecales se crean a temperaturas elevadas que oscilan entre los 44 o 45° C y la *Escherichia Coli* a una temperatura de 37° C, esta bacteria es muy sensible si se le presenta temperaturas altas por lo que puede ser eliminada con facilidad (Ramírez & Stella, 2013).
- Mohos: los mohos están dentro de la familia de los hongos, estos microorganismos se pueden adaptar con facilidad al medio para su subsistencia, lo que no ocurre con tal simplicidad con

otros microorganismos, estos se alimentan de materia orgánica muerta. El pH óptimo para los mohos es de 5.6, valor que otras bacterias no resisten, y con temperaturas para su desarrollo que varían entre 25 o 30° C, razón por la cual se les puede decir que son mesófilos, es decir pueden subsistir a una temperatura ambiente (Ramírez & Stella, 2013)

- Levaduras: al igual que los mohos, las levaduras pertenecen a la familia de los hongos, las levaduras tienen un tamaño mucho mayor que las bacterias. Su hábitat natural se da en lugares de abundante agua, sin embargo, debido a la gran variedad de levaduras que existen (300 grupos y 39 géneros), estas pueden también crecer en soluciones que contengan sal o azúcar. El pH óptimo para las levaduras es ácido, con un valor de 4.5, pues no se desarrollan de manera eficiente en un pH alcalino (Ramírez & Stella, 2013).
- *Salmonella sp*: es una bacteria que puede subsistir muy bien en animales y personas y en caso que llegue a un ambiente con presencia de alimentos, condiciones aerobias y temperaturas superiores a 20° C se reproduce de una manera muy rápida ya que en un tiempo de 15 a 20 minutos logra duplicarse. La temperatura es un factor de vital importancia para la *salmonella*, pues si existen temperaturas bajas su crecimiento se verá afectado. La *salmonella* es la comunidad de bacterias dominante en los lodos, la mejor manera de eliminarla es mediante procesos de incineración, lo que no ocurre con otros tipos de tratamiento que tan solo logran disminuir el peligro de sufrir infecciones, pero mas no eliminarse por completo (Ramírez & Stella, 2013).
- Patógenos: de manera similar que, en las aguas negras, tanto bacterias, virus, parásitos y otras clases de microorganismos están presentes en los lodos, sin embargo, estos patógenos cuando son tratados mediante algún tipo de tratamiento para aguas residuales o negras son eliminados, lo que no ocurre en lodos donde estos patógenos se encuentran en grandes cantidades, tanto en la sedimentación primaria como en la sedimentación secundaria. Los parásitos más comunes encontrados en los lodos son: áscaris, nemátodos, embriones o huevos de cisticercos. Cualquier pequeña cantidad de ingesta de estos patógenos, es nociva para la salud y pueden causar infecciones y enfermedades gastrointestinales (Morales, 2005).

Capítulo 2: Metodología

2.1 Generalidades del área de estudio

Santa Ana de los Cuatro Ríos del Cantón Cuenca está ubicada en un valle interandino de la Sierra austral ecuatoriana. Esta ciudad limita al Este con las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe, y al Oeste con las provincias del Guayas y El Oro.

Las zonas de estudio determinadas para este trabajo de investigación, son las PTARs pertenecientes a sectores rurales del cantón Cuenca y de la provincia del Azuay, cuya altitud se encuentra en un rango de 1.712 – 2.900 m.s.n.m, siendo una de las más bajas la Planta de Chaucha, y la más alta la Planta de Bella Unión; de igual manera, la temperatura de estas zonas oscila en un rango promedio anual, en el occidente entre los 20 – 33° C, mientras que en la zona andina está entre los 10 – 28° C.

Las Platas de Tratamiento, sujetas a estudio son: Achayacu, Cementerio, Escaleras, Laureles, Octavio Cordero Palacios, Quillopungo, Quingeo, Tutupali, San Pedro, Bella Unión, Tarqui, Macas de Quingeo, Guabo, Churuguzo, Cumbe, Pillachiquir, Chorro, Monjas, Soldados, Molleturo y Chaucha (Figura 2.1).

La provincia del Azuay tiene una población aproximada de 599.546 habitantes, de los cuales 47.37% está en el área rural. Esta provincia tiene una precipitación media aproximada de 789 mm.

2.2 Levantamiento de información en campo

En primera instancia se realizaron visitas a cada una de las PTAR rurales del cantón Cuenca, para lo cual acompañaron dos técnicos de la empresa ETAPA EP, con el fin de tener guías en el recorrido y poder tener un conocimiento más real de la situación, logrando obtener datos generales de las 21 PTAR rurales a las cuales la empresa ETAPA EP presta sus servicios. El registro de estos datos, se llevó a cabo en fichas técnicas. El modelo de la ficha técnica que se utilizó y los datos obtenidos para cada una de las plantas se presentan en el (Anexo 1).

2.3 Prueba de la toalla blanca

Con la finalidad de definir la altura del lodo y la acumulación de estrato del lodo en las fosas, se realizaron visitas a cada una de las 21 PTAR rurales del cantón Cuenca para realizar la prueba de la toalla blanca, siguiendo un determinado procedimiento y con la utilización de las siguientes herramientas:

2.3.1 Herramientas utilizadas para la prueba de la toalla blanca

- Toalla blanca
- Báculo o palo de madera de 2.20 m. de altura
- Alambre de amarre
- Flexómetro
- Fichas de registro
- Cámara
- Alicates
- Guantes
- Mascarilla
- Barreta

2.3.2 Procedimiento

- 1) Primero se coloca la toalla blanca alrededor del báculo de madera y se la ajusta con alambre de amarre o correíllas para poder introducirla en la fosa.



Figura 2. 2 Colocación de la toalla

Fuente: (Muñoz, Orellana)

- 2) Una vez colocada la toalla en el báculo de madera, se procede a introducir el palo en la fosa hasta el fondo.



Figura 2. 3 Introducción en la fosa

Fuente: (Muñoz, Orellana)

- 3) Después, se procede a sacar el báculo de madera de la fosa con el fin de observar la variación de los estratos de lodo en la fosa lo cual está en función de la edad del lodo, es decir del tiempo que dicho lodo ha estado acumulado en la fosa; se mide los estratos obtenidos para llevar un registro.



Figura 2. 4 Medición de estratos.

Fuente: (Muñoz, Orellana)

- 4) Para el registro de los datos obtenidos en campo, se realizaron fichas en las que se especifica el nombre de la planta, fecha de inspección, los colores a escala del lodo, su altura en centímetros (medición), parroquia, comunidades servidas.

Donde:

n = tamaño de número de muestras.

$(Z_{1-\alpha/2})^2$ = coeficiente de confianza, para estudios de ingeniería se recomienda un nivel de confianza de 95% que es igual a 1.96.

N = número de PTAR rurales del cantón Cuenca.

$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_1^N (x_i - \mu')^2$ varianza de SSV de lodos basada en estudios anteriores, en caso de no disponer de este dato se puede realizar un muestreo preliminar o también se puede asumir un valor inicial igual al 10% de los SSV determinada de estudios anteriores.

E = error de estimación de SSV. Se recomienda valor igual o menor al 5% de los SSV determinada de estudios anteriores.

x_i = SSV expresada en mg/l.

2.4.2 Determinación del tamaño de la muestra

Cuando hablamos del tamaño de la muestra, se refiere al número de muestras que se deben tomar de una fuente generadora, en este caso, de las PTAR rurales del cantón Cuenca; sin embargo, se tiene que garantizar que los resultados obtenidos sean certeros y con un error porcentual pequeño, de acuerdo a las condiciones del universo o población del estudio (Sakurai, 1983).

Para este caso de estudio, se tienen varias variables que se desean medir, como: DBO, SST, SSV. Sin embargo, para aplicar la expresión presentada en el inciso anterior que se utiliza para determinar el tamaño de la muestra, se ha tomado como variable la media de los SSV (sólidos suspendidos volátiles), con base en un estudio anterior “Generación, acumulación, distribución y características de lodos de Lagunas de Estabilización” (Durazno, 2009), con un valor de 29 mg/l. A pesar de que todas las variables tienen su importancia, se ha tomado este parámetro (SSV) como representativo de la caracterización físico-química, puesto que

da un valor de sólidos orgánicos, en cuanto a los físicos, y una idea de lo orgánico en cuanto a los volátiles.

Cabe recalcar que los valores que se presentan a continuación están en función de la media SSV.

Tabla 2.1 Cálculo muestral con valores en función de la media SSV

Parámetro	Expresión	Valor	Unidad
Error de estimación de SSV	E	1,45	
Coefficiente de confianza	$(z_{1-\alpha/2})$	1,96	
Población total a ser muestreada	N	21	u
Variación de SSV	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - u')^2$	2,9	mg/L
Tamaño de la muestra	n	4,3983949	u
Media de SSV 29 mg/l			

Fuente: (Muñoz, Orellana)

El tamaño de la muestra equivale a cinco plantas, para lo cual, se eligen las siguientes, como parte de este estudio:

Tabla 2.2 PTAR seleccionadas para el muestreo

Nombre de la planta	Última fecha de limpieza de lodos
Acchayacu	1/9/2017
Quingeo Centro	No se ha realizado
Tutupali	14/9/2018
Cementerio	1/10/2018
Laureles	1/10/2018

Fuente: (Muñoz, Orellana)

Para la selección de las PTAR, se tomó en cuenta que las características de estas difieran las unas de las otras, de manera principal la última fecha de realización de limpieza de lodos de las fosas, con el fin de analizar la acumulación del estrato de lodo en la fosa. Para aquello, se consideraron plantas cuya fecha de limpieza de lodos no se haya realizado nunca, plantas cuya fecha de limpieza se realice de manera esporádica y plantas cuya limpieza de lodos se realice de manera frecuente.

2.4.3 Toma de muestras

Este procedimiento consiste en obtener una cantidad de volumen de lodo generado producto del tratamiento primario en las fosas sépticas, para que pueda ser enviado al laboratorio. Se realizaron dos muestras por planta, tanto en la entrada como en la salida, siguiendo un procedimiento, con herramientas que se detallan a continuación:

Herramientas utilizadas

- Almeja de lodos
- Embudo
- Envase plástico de polietileno con rosca de 500 ml de capacidad.
- Barreta
- Mascarilla
- Guantes
- Alcohol
- Soga de 2.50 metros de largo.
- Agua

Procedimiento

- 1) Primero se prepara la almeja de lodos, sujetándola de una soga para poder introducirla en las fosas.



Figura 2. 6 Preparación de la almeja de lodos.

Fuente: (Muñoz, Orellana)

- 2) Una vez que esta almeja haya tocado el fondo de la fosa, a lo largo de la soga se dejará caer una pesa, esta tendrá la función de hacer presión en los ganchos que posee la almeja en sus extremos para que esta cierre las compuertas, con la muestra dentro de ella.



Figura 2. 7 Introducción almeja

Fuente: (Muñoz, Orellana)

- 3) Una vez dejada caer la pesa, se procede a sacar la almeja de la fosa, con la muestra deseada.



Figura 2. 8 Almeja con muestra

Fuente: (Muñoz, Orellana)

- 4) Finalmente, se procede a sacar la muestra de lodo de la almeja, para ser colocada en los envases y trasladada al laboratorio.



Figura 2. 9 Obtención de muestra

Fuente: (Muñoz, Orellana)

1.5 Análisis físico-químico

Las muestras fueron tomadas en recipientes de plástico de polietileno de 500 ml de capacidad, con tapa rosca; antes de proceder a la toma de muestras, los recipientes fueron enjuagados con agua potable y luego con agua destilada, con la finalidad de evitar la contaminación y alteración de las muestras receptadas.

En las plantas seleccionadas para la realización del muestreo, se contaba con dos cámaras, una de entrada y otra de salida, por lo que, se realizaron dos tomas de muestras en cada planta, es decir una en cada cámara, mismas que fueron llevadas posteriormente al laboratorio de ETAPA EP, en Ucubamba, en un tiempo máximo de 6 horas con el fin de no alterar los componentes presentes en las muestras y realizar los análisis de DBO, SST y SSV (Ver Anexo 2 Recepción de muestras en el Laboratorio de ETAPA EP).

Capítulo 3: Resultados y discusión

3.1 Características generales de fosas sépticas de las plantas rurales

A continuación, se presenta una tabla de resumen, con las características más relevantes de cada planta.

Tabla 3.1 Características de las PTAR del cantón Cuenca

Nombre	Lecho de secado	Estado de la estructura de la fosa	Observaciones
Achayacu	Sí	Buena	Gran cantidad de flotantes.
Bella Unión	Sí	Buena	No se ha realizado limpieza de lodos de la fosa séptica.
Cementerio	Sí	Medio	El lecho de secado está en malas condiciones.
Chaucha	No	Buena	La fosa en general está en buenas condiciones.
Churuguzo	Sí	Buena	No se puede apreciar el diámetro de la salida de la fosa.
El Chorro	No	Medio	Los lodos son colocados en un simple hueco, ya que no posee estructura de secado.
Escaleras	Sí	Malo	El lecho de secado tiene demasiada maleza acumulada.
Guabo	No	Medio	Para el secado de lodos existe un simple hueco.
Laureles	Sí	Medio	La cúpula del filtro está deteriorada.
Macas de Quingeo	No	Buena	Los lodos son evacuados a un lado de las fosas sépticas.
Molleturo	No	Medio	Los lodos son evacuados a un lado de las fosas sépticas.
Monjas	Sí	Buena	El lecho de secado está en muy buenas condiciones. La fosa séptica en general está muy bien conservada.
Octavio Cordero	Sí	Buena	Existen dos estructuras de secado y cuatro válvulas de purga, de las cuales dos van al río y dos a la fosa de secado.
Pillachiquir - Damnificados	No existen fosas	—	No existen fosas por lo que va a un desarenador y después directo al filtro. Es una planta pequeña que por el momento satisface a 7 casas de los damnificados.
Quillopungo	Sí	Medio	No existen fosas, solo tres reactores. Esta planta está colapsada.
Quingeo Centro	No	Medio	La cúpula del filtro está colapsada.

San Pedro Santa Ana	Sí	Buena	El estado de la fosa en general es bueno.
Estación de Cumbe	Sí	Medio	La estructura de secado de lodos está cubierta de monte.
Soldados	Sí	Buena	No existe un corrector control, ya que la gente mete a sus animales al interior de la planta.
Tarqui Centro	Sí	Medio	El estado en general de la fosa es medio.
Tutupali Grande	Sí	Buena	La fosa está en buenas condiciones.

Fuente: (Muñoz, Orellana)

Observaciones generales

En general durante las visitas a cada una de las PTAR rurales del cantón Cuenca se observó que la mayoría de plantas se encuentran en un estado de mantenimiento y operación de medio a bueno. El sistema de operación de todas las plantas es el mismo, excepto la planta de Quillopungo que no cuenta con fosas sino con tres reactores, sin embargo esta planta está colapsada ya que está sirviendo para una población que supera el número de usuarios para los cuales fue diseñada, y la planta de Piyachiquir que tampoco cuenta con fosas sépticas en este caso el agua va directamente a un desarenador para posteriormente pasar al filtro. En el resto de plantas el agua a ser tratada una vez que ingresa a la planta de tratamiento primero pasa una rejilla, luego va a un desarenador y luego a las fosas sépticas donde se da la acumulación de lodos. Estas fosas están compuestas por dos cámaras donde se dan las etapas de sedimentación de sólidos como se explicó en el capítulo 1, “1.2 Fosas sépticas”, luego de esto el agua residual pasa a un filtro anaerobio o a un humedal (dependiendo de la planta) para así ser devuelta el agua ya tratada hacia un medio de descarga como pequeños ríos o quebradas. Algo que es necesario acotar es el caso particular de dos plantas la primera la planta del Chorro ubicada en la parroquia de Santa Ana la misma que se encuentra cerca del relleno sanitario de Pichacay, aquí se pudo observar que existía filtración del agua residual tratada de las fosas sépticas hacia el río Quingeo donde se encontraba gente lavando su ropa, el agua no tenía un correcto encausamiento, lo que podría primero afectar la salud de las personas y también causar problemas ambientales con la alteración del agua del río antes mencionado. Sin embargo, en la planta de Monjas ubicada en la parroquia Quingeo se pudo apreciar un tratamiento de calidad de las aguas residuales, inclusive los técnicos de Etapa que

nos acompañaron a las visitas nos supieron manifestar que un estudio realizado anteriormente de calidad del agua tratada salió con mejores resultados que el agua que utilizan en la comunidad para su uso diario, además de que el estado de la planta se encuentra en inmejorables condiciones.

1.6 Prueba de Toalla Blanca

En la prueba de la toalla blanca se pudieron observar diferentes estratos y acumulación de lodos en las cámaras sépticas, estos estratos variaban tanto en altura como en intensidad del color, dependiendo principalmente de la limpieza realizada en las cámaras sépticas y la edad del lodo.

Tabla 3.2 Parámetros importantes registrados

Nombre	Última fecha de limpieza de lodos	Fecha de inspección	Observaciones
Achayacu	1/9/2017	13/4/2019	Se pudo sentir un lodo muy espeso al fondo de la cámara 1, el olor es tolerable. La altura del lodo en la cámara 2 varió mucho respecto a la cámara 1, en esta segunda cámara se pudo sentir un lodo más diluido con un olor fuerte.
Bella Unión	No se ha realizado	1/12/2018	En la cámara 1 el lodo es muy espeso en el fondo de la cámara, el olor es tolerable, a diferencia de la cámara 2 donde el lodo es más diluido y el olor es fuerte.
Cementerio	1/10/2018	2/12/2018	En la cámara 1 al introducir la toalla se puede sentir que existe bastante cantidad de lodo espeso acumulado en el fondo de la cámara, mientras que en la segunda cámara la densidad es menor y el olor más tolerable.
Chaucha	No se ha realizado	11/4/2019	En la cámara 1 el lodo tiene densidad media al igual que en la cámara 2, el olor es tolerable en las dos cámaras.
Churuguzo	14/9/2018	1/12/2018	En la cámara 1 al introducir el palo se sintió el lodo espeso, a diferencia de la cámara 2 que era solo agua por lo que la toalla no se marcó.
El Chorro	15/1/2018	10/4/2019	Poca altura de lodo en las dos cámaras, se pudo sentir un lodo muy espeso en las dos cámaras con olores tolerables.
Escaleras	No se ha realizado	1/12/2018	

			En las dos cámaras hay poca cantidad de lodo negro el resto es agua casi transparente, olor medio.
Guabo Sidcay	5/9/2018	13/4/2019	Al introducir la toalla se puede sentir que existe bastante cantidad de lodo espeso acumulado en el fondo de la cámara con olor tolerable. En la cámara 2 se pudo sentir un lodo más diluido en el fondo de la cámara.
Laureles	1/10/2018	10/4/2019	En la cámara 1 se sentía un lodo muy espeso con olor tolerable, a diferencia de la cámara 2 el lodo se sentía más diluido y el olor muy fuerte.
Macas de Quingeo	No se ha realizado	2/12/2018	Las dos cámaras se encuentran con una gran altura libre y el olor es fuerte. En las dos cámaras existe más agua que lodo.
Molleturo	No se ha realizado	11/4/2019	Existe demasiada basura en la cámara 1 tapas de botella, fundas, pañales y esta cámara se encuentra casi completamente llena el olor es muy fuerte, a diferencia de cámara 2 la altura de lodos es muy baja.
Monjas	No se ha realizado	1/12/2018	En las dos cámaras hay poca cantidad de lodo negro al ser una planta nueva, predomina el color café.
Octavio Cordero	No se ha realizado	13/4/2019	En las dos cámaras existe poca cantidad de lodo
Quingeo Centro	No se ha realizado	2/12/2018	En la cámara 1 al introducir la toalla se puede sentir que existe bastante cantidad de lodo espeso acumulado en el fondo de la cámara, mientras que en la cámara 2 contiene agua casi transparente.
San Pedro Santa Ana	19/9/2018	11/4/2019	En la cámara 1 el lodo es muy espeso con un olor tolerable, mientras que en la cámara 2 el lodo está más diluido a diferencia de la cámara 1, existe gran cantidad de agua de color claro.
San Pedro Tarqui	1/8/2018	1/12/2018	En la cámara 1 existe cantidad considerable de material flotante, en la cámara 2 la cantidad de material flotante disminuye. El olor es fuerte en ambas cámaras.
Soldados	No se ha realizado	11/4/2019	En la cámara 1 se sentía un lodo no muy espeso como generalmente ocurre en las otras plantas en la primera cámara, olor fuerte. En la cámara 2 el lodo se sentía más diluido y el olor muy fuerte.
Tarqui Centro	14/9/2018	1/12/2018	

			El lodo tiene poco espesor, es más agua, el momento de introducir la toalla al final de la cámara se pudo sentir un poco espeso y también existe gran cantidad de lodo flotante, mientras que en la cámara 2 hay más agua el lodo es poco espeso a comparación de la cámara 1.
Tutupali	14/9/2018	1/12/2018	En la cámara 1 el lodo tiene un alto espesor, existe gran cantidad de lodo flotante, mientras en la cámara 2 existe poco material flotante el agua es más líquida. En las dos cámaras el olor es tolerable.

Fuente: (Muñoz, Orellana)

Observaciones generales

Esta prueba fue realizada en todas las plantas que poseían fosas sépticas que es el lugar donde se da la acumulación de lodos. Esta prueba se realizó tanto en la cámara 1 como en la cámara 2 de cada fosa. Luego de las pruebas realizadas se puede manifestar que, en la primera cámara de casi todas las fosas analizadas, la capa de lodo tenía un mayor espesor y era más espeso en comparación con el lodo de la cámara 2. En la cámara 1, en general, los colores del lodo presentaban tonalidades oscuras que nos dan una idea de la edad del lodo presente en la fosa y la contaminación que llega a la planta, mientras que los colores de los lodos de las segundas cámaras de las fosas, eran más claros, tomando en cuenta que siempre en la superficie de las fosas se tenía un lodo más diluido tipo nata. Las fosas tenían olores muy fuertes intolerables para el ser humano por lo que el uso de mascarilla era imprescindible.

1.7 Parámetros físico-químicos

Los valores obtenidos de los parámetros físico-químicos que caracterizan el lodo de las fosas sépticas dependen de los hábitos de la población, digestión del lodo, frecuencia de limpieza, proceso de remoción que recibe el mismo, características del agua residual, además del clima que es un factor muy importante (Solomon, Casey, Mackne, & Lake, 1998). Es por esta razón que ocurre una gran variación de los resultados obtenidos para cada planta como se puede apreciar en la (Tabla 3.3). Según la información obtenida en campo se pudo apreciar que no todas las plantas se encuentran en correcto funcionamiento, la frecuencia de limpieza de lodos no se lleva un registro adecuado con fechas específicas de mantenimiento, existen plantas que se realizan limpiezas de lodos periódicas a diferencia de otras que nunca se han limpiado. También es importante recalcar que su característica principal en cuanto a su

composición está en función del origen del agua residual la misma que mediante un proceso de tratamiento primario dará inicio a la formación del lodo, por lo que en la (Tabla 3.4) se presentan además los valores promedio de los distintos parámetros en el agua residual que ingresa a cada planta.

Según los valores de SST y DBO₅ (Tabla 3.3) obtenidos para el lodo de la cámara 1 y cámara 2 para las diferentes fosas (a excepción de la planta Cementerio), se observa que en todas ellas las concentraciones tanto de SST y DBO₅ en la cámara 2 corresponden a porcentajes menores al 65% en relación a las concentraciones de la cámara 1. Esto nos indica que las fosas realizan su trabajo al retener mayor cantidad de sólidos en la primera cámara. Además, se observa que a pesar que los lodos de las dos cámaras para todas las fosas tienen la misma edad, el lodo de la cámara 2 tiene concentraciones menores de DBO₅, lo que puede deberse a que un gran porcentaje de la DBO₅ que ingresa a la fosa, debe ser particulada, y por lo tanto se queda en la cámara 1.

Observando los valores de DBO₅ del lodo analizado (Tabla 3.3), estos presentan valores muy elevados, pero sobresaliendo del resto de plantas de manera principal la planta Cementerio y Tutupali con valores de 23000 mgO₂/l y 9400 mgO₂/l en la entrada, respectivamente, a pesar que sus fechas de limpieza de lodos son similares. Al realizar la prueba de la toalla en la planta de Cementerio, el espesor de lodo más espeso y de color negro oscuro fue de 59 cm que es una cantidad considerable de lodo, por lo que se debería realizar limpieza de lodos más frecuente; mientras que, en la planta de Tutupali el espesor de lodo más espeso y de color negro oscuro fue de 7 cm.

Las fracciones de SSV en relación a los SST tanto para la cámara 1 como para la cámara 2 (Tabla 3.3), son menores al 45%, lo que indica que la mayoría de los sólidos que componen los lodos de las fosas sépticas, son inertes. Esto nos da a entender que las PTAR rurales del cantón Cuenca tienen introducción de material inerte, es decir toda la materia que es arrastrada por los alcantarillados (tierra, plásticos, cauchos). Una de las causas que se puede dar estos porcentajes, es por el ingreso de agua lluvia al alcantarillado sanitario, la falta de pavimento en las zonas rurales y la cultura de la gente, que descarga todo tipo de desperdicios al alcantarillado, esto se pudo comprobar con las visitas realizadas a cada una de las plantas. Además, este porcentaje de SSV es especialmente importante para tomarlo en cuenta cuando

se quiera dar un tratamiento a este lodo. Este tratamiento debería ir encaminado sabiendo que porcentajes mayores al 50% de los sólidos no van a descomponerse.

Según Méndez, Gijón, Quintal & Osorio (2007) en un estudio realizado de lodos de las fosas sépticas de 20 viviendas en la ciudad de Mérida, Yucatán se obtuvo una media de SST de 38474 mg/l y de SSV de 24768 mg/l lo que representa un 64% de SSV, es decir sólidos orgánicos, comparando con las PTAR rurales del cantón Cuenca el porcentaje SSV más alto es de 45%, lo que nos da a entender que el problema radica en las calles ya que todo tipo de basura es introducida en los alcantarillados llegando así a las plantas de tratamiento un mayor porcentaje de material inerte. Algo importante a considerar también es que, en el estudio realizado en Mérida, Yucatán al tomar las muestras de lodo de fosas sépticas directamente de las viviendas esta agua residual que dará origen a la formación de lodo es netamente doméstica es por esta razón que el porcentaje de SSV supera en más de la mitad con presencia de materia orgánica presente. De acuerdo a la (Tabla 3.3), el lodo de las fosas sépticas de las plantas muestreadas presenta altas concentraciones de carga orgánica a comparación del agua residual, esto es debido a que el lodo tiene un proceso mucho más estacionario y en cambio el agua residual tiene un proceso más dinámico.

En cuanto a la edad del lodo, mientras más edad tiene el lodo, este tiene menores concentraciones de DBO₅ y mientras más nuevo es el lodo, este tiene mayores concentraciones de DBO₅ (Tabla 3.3). Esto hecho era esperado, ya que dentro de la fosa séptica el lodo empieza a descomponerse anaeróbicamente, y lo demuestra la DBO₅. Pero cabe notar, que en la planta Acchayacu donde la edad del lodo es la más antigua (19 meses) aún posee una concentración considerable de DBO₅ de 2000 mg/l en la cámara 2, que es alta, por lo tanto, se necesita un tratamiento adecuado biológico para estabilizar ese lodo

Tabla 3.3 Características físico-químicas de los lodos residuales

LODOS DE FOSAS SÉPTICAS											
Planta	Edad del lodo (meses)	Sólidos Suspendidos Totales (SST)			Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)			Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)		% SSV / SST	
		Cámara 1	Cámara 2	$\frac{\text{Cámara 2}}{\text{Cámara 1}} * 100\%$	Cámara 1	Cámara 2	$\frac{\text{Cámara 2}}{\text{Cámara 1}} * 100\%$	Cámara 1	Cámara 2	Cámara 1	Cámara 2
		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l	%	%
Achayacu	19	78450	51650	65,8	5400	2000	37,0	27300	14000	34,8	27,1
Cementerio	2	70800	125550	177,3	23000	3950	17,2	20000	16600	28,2	13,2
Laureles	6	181900	111600	61,4	4900	2420	49,4	40500	37900	22,3	34,0
Quingeo	Desconocida	95250	56300	59,1	6200	3800	61,3	22200	12800	23,3	22,7
Tutupali	3	53800	17800	33,1	9400	5700	60,6	24000	7600	44,6	42,7

Fuente: (ETAPA EP)

Las plantas analizadas, al estar ubicadas en zonas rurales, la principal actividad que se dan en estos lugares son la agricultura y ganadería, incluso en la parroquia Tarqui, donde está ubicada la planta de Tutupali, existe una industria de leche, lo que hace pensar que a las plantas de tratamiento están llegando descargas ya sean industriales o agrícolas, que puede ser una de las causas de tener cantidades de DBO₅ muy altas, teniendo en cuenta que una de las principales características que definen la composición del lodo es el origen de las aguas residuales. Según Metcalf y Eddy (1995), el límite máximo de aguas residuales domésticas es de 400 mgO₂/l, mientras que el valor de la planta de Tutupali es tres veces mayor a este límite (Tabla 3.4).

Tabla 3.4 Características físico-químicas de las aguas residuales

AGUAS RESIDUALES				
Planta	Sólidos Suspendidos Totales (SST)		Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Achayacu	544	341	109	42
Cementerio	1087	572	317	93
Laureles	945	525	340	79
Quingeo	1583	370	216	23
Tutupali	4040	296	1475	46

Fuente: (ETAPA EP)

De acuerdo a un estudio llevado a cabo en Chennai, India donde el 21% de la población rural cuenta con un tratamiento adecuado (SandecEawag & Aecom, 2010), se realizaron análisis de lodos provenientes de fosas sépticas con un número de 240 muestras y un nivel de confianza del 95% para dos estaciones del año, en el invierno y verano, la muestra la realizaron al descargar el camión de bombeo, se tomaron tres muestras, una al comienzo, media y final (Krithika, Thomas, Iyer, Kranert, & Philip, 2016). El resultado de las características de la muestra de la ciudad de Chennai, India, durante las diferentes temporadas fueron las siguientes:

Tabla 3.5 Characteristics of septage samples from Chennai city during different seasons

Parámetros	Verano		Invierno	
	Max.	Min.	Max.	Min.
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
SSV	2337	57	9760	10
SSV	4010	105	11200	27
DBO ₅	117	54	220	211
DBO ₅ anterioridad	1344	421	857	232

Fuente: (Krithika, Thomas, Gomathy, Kranert, & Philip, 2016)

Los valores de los datos obtenidos, de la ciudad de Chennai, son muy bajos en comparación con los de las PTARs rurales del cantón Cuenca, que presentan altas concentraciones de carga orgánica, la razón por la que estos valores son más bajos es también por el tipo de muestreo realizado ya que en Chennai para realizar estos estudios las muestras fueron tomadas directamente del vehículo hidrocleaner donde la muestra se encuentra mucho más diluida a diferencia de las muestras tomadas de las fosas sépticas que eran netamente lodo para analizarlas en este estudio. Como se mencionó anteriormente, no se pueden tener valores similares, puesto que las características del lodo están en función de muchos parámetros, como frecuencia de limpieza que se realiza a las fosas, el clima, hábitos de la población, lo cual es muy importante para el correcto funcionamiento y operación de las plantas de tratamiento. En las visitas a las PTARs rurales del cantón Cuenca, se pudo observar que en estas, se encontraba todo tipo de desperdicios, desde animales hasta plásticos, cauchos y objetos de uso personal, también depende del diseño de la fosa séptica, tamaño de la fosa, frecuencia de bombeo, material de tuberías (Solomon, Casey, Mackne, & Lake, 1998).

En otro estudio realizado en los domicilios de las fosas sépticas de la ciudad Beit Dajan en Palestina se obtuvieron resultados de DBO₅ en cifras que varían en un rango de 448 – 527 mg/l. Para esta investigación se tomó como referencia La Norma de los Estados Unidos, U.S.EPA (2002) cuyos valores para DBO₅ están entre 440 – 78600 mg/l. Según la Norma de los Estados U.S.EPA (2002) los valores de DBO₅ para lodos de fosas sépticas de las PTAR rurales del cantón Cuenca están dentro de estos límites ya que los valores más altos que se

tienen en estas plantas son de 5400 – 23000 mg/l en la entrada y en la salida de 2000 – 5700 mg/l (Tabla 3.3).

Conclusiones y recomendaciones

El lodo residual, generado en las PTAR rurales del cantón Cuenca, en la actualidad no cuenta con una disposición final adecuada. Las 21 PTAR rurales, a las cuales ETAPA EP presta sus servicios, están diseñadas todas de una manera similar y operan con base en fosas sépticas (tratamiento primario), excepto la planta de Piyachiquir y Quillopungo; sin embargo, la caracterización físico-químico en las plantas muestreadas, varían debido a diferentes factores como el diseño de la planta, frecuencia de limpieza de lodos, hábitos y cultura de gente, etc.

Los valores obtenidos en laboratorio presentan altas concentraciones de SST, SSV y DBO₅. Incluso los lodos con mayor edad, aún tienen concentraciones bastante altas de DBO₅, por lo tanto, se necesita un tratamiento adecuado biológico para estabilizar ese lodo. El tratamiento que se dará al lodo también deberá tomar en cuenta la remoción de los inertes que es la diferencia de los SST y SSV que es bastante alta.

Es importante llevar un registro mucho más controlado de la limpieza de lodos, además de implementar un muestreo de los mismos, ya que nunca se ha realizado para analizarlos en el laboratorio y de esta manera saber lo que está ocurriendo en las plantas de tratamiento, y así dar posibles soluciones oportunas, no solo enfocadas en el agua residual. También se debe socializar con la gente, cuyos terrenos son aledaños a las plantas de tratamiento, ya que muchas veces restringen el paso hacia la planta, dificultando así las labores del personal encargado.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, Y., & Obaya, M. (2005). Digestion Anaerobia. Aspectos Tecnicos. Parte I. *Icidca*, 35-36.
- Bermudez, J. (1988). La digestion anaerobia. *Journal ELSEVIER Bioresource technology*.
- Cabrera, H., Garces, M., & Paredes, P. (2012). *Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Uso Seguro de Aguas Servidas en Agricultura. Ministerio de Agricultura,*.
- ChiTec, M. (2005). *Influencia de la temperatura en la remoción de materia orgánica de una fosa séptica*. Mexico: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Crites, T. G. (2000). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. *Sistema de informacion cientifica Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*.
- Departamento de Ingenieria. (2006). Lodos residuales: estabilización y manejo.
- Departamento de Ingenieria, U. d. (2006). Lodos residuales: estabilización y manejo.
- Durazno, G. (2009). *Generación, acumulación, distribución y características de lodos de Lagunas de Estabilización*. Cuenca.
- EPA. (1994). *Handbook of septage treatment and disposal*. United States.
- EPA, U. (2002). *Onsite Waste water Treatment Systems Manual, Wastewater Office of Water Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, USA*.
- Esteller, M. (2002). Vulnerabilidad de acuíferos frente al uso de aguas residuales y lodos en agricultura. *Revista Latinoamericana de Hidrologia*, 103-113.
- Federation, W. E. (2010).
- Glynn, H., & Gary, W. (1996). *Ingeniería Ambiental. Segunda edición*. Pearson Hall.
- Halalsheh MM, N. H. (2011). Biodegradation and seasonal variations in septage characteristics. *Environ Monit Assess* .
- Haubry. (1992). ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DE LODOS DE FOSA SÉPTICA EN. *Conama 2016*.
- IDEAM. (2007). *Instituto de Hidrología, Metereología y Estudios Ambientales*. República de Colombia.
- Krithika, D., Thomas, A., Gomathy, R., Kranert, & Philip, L. (2016). Spatio-temporal variation of septage characteristics of a semi-arid metropolitan city in a developing country. *Environ Sci Pollut Res*.

- Limon, J. (2013). *Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿ Problema o Recurso?* Guadalajara.
- luchohero. (3 de Febrero de 2018). *Ecuador 10*. Obtenido de Ecuador 10: <https://ecuador10.com/>
- Luegue, L. (2007). *Manual de agua Potable, alcantarillado y saneamiento*. México.
- Majumder, N., Prakasam, T., & Suryaprakasam, M. (1960). *A critical study of septic tank performance in rural areas*. The institution of engineers, India.
- Mendez, R., Gijon, A., Quintal, C., & Osorio, H. (2007). *Determinacion de la tasa de acumulacion de lodos de fosas septicas de la ciudad de Merida, Yucatan*. Merida: Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 11-3, pp. 55-64, ISSN: 1665-529X.
- Mertcalf, A., & Eddy. (1995). *Ingenieria de aguas residuales*. Madrid: McGraw-Hill.
- Metcalf, & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. Nueva York: Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Morales, P. (2005). *Digestión Anaerobia de Lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas y su Aprovechamiento*. Puebla: Udlap.
- NOM-006-CNA. (1997). “*Norma Oficial Mexicana - Fosas sépticas prefabricadas - especificaciones y métodos de prueba*”.
- Noyola, A., Morgan, J., & Guereca, L. (2013). *Seccion de tecnologias para el tratamiento de aguas residuales municipales*. Mexico: Mexico.
- Ordoñez, I., & Palacios, A. (2017). *Evaluacion y propuesta de rediseño de la planta de depuracion de aguas residuales de Quillopungo, parroquia El Valle, Cuenca*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Oropeza, N. (2006). *Lodos residuales: estabilización y manejo*.
- Quintal, C. (1993). *The effect of compartmentalization on septic tank efficiency*. The university of Leeds, Great Britain.
- Ramírez, A., & Stella, L. (2013). *Manual de Microbiología*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Romero, J. (2000). *Tratamiento De Aguas Residuales: Teoria Y Principios De Diseno*. Colombia: Escuela Colombiana De Ingenieria.
- Sakurai, K. (1983). *Analisis de Residuos Solidos Municipales - OPS-HPE-CEPIS*. Lima.
- SandecEawag, & Aecom. (2010). *A rapid assessment of septage management in Asia. Regional Development Mission for Asia (RDMA)*.

Solomon, C., Casey, P., Mackne, C., & Lake, A. (1998). Ozone disinfection. *Environmental Technology Institute*, 1-4.

Sperling, M. v. (2007). *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*.

Vera, M., Sánchez, E., Ortiz, M. L., Peña, J., & Ortega, M. M. (2015). *ESTABILIZACIÓN DE LODOS RESIDUALES MUNICIPALES POR MEDIO DE LA TÉCNICA DE LOMBRICOMPOSTAJE*. Morelos.

Anexos

Anexo 1. Fichas de registro de las PTAR para levantamiento de información en campo

Fecha de Inspección: 19 / 10 / 2018

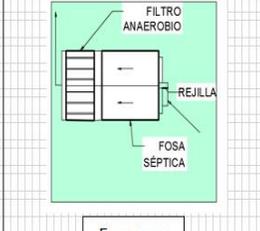
1. DATOS DE LA PLANTA

1.1. Datos Generales

Nombre de la Planta: Coordenadas: X1: ##### Y1: #####
 Ubicación (parroquia):
 Comunidades servidas: Área Servida: Ha
 Longitud del Colector: km Temperatura Promedio del sector: °C
 Área de la Planta: m² Altura aproximada del sector: m.s.n.m



Ubicación



Esquema




1.3. Cerramiento

Existe: Si No Estado: Bueno Medio Malo

Restringe el paso hacia el interior de la planta? Si No

Tipo: * Alambrado con poste de madera:
 * Alambrado con postes de hormigón
 * Malla de acero con postes de hormigón
 * Malla de acero con mampostería de pie

Si, Porque?

1.4. Vía de Acceso

Existe: Si No Estado: Bueno Medio Malo

Existe dificultad de algún tipo para el ingreso a la planta, ya sea a pie o con vehículo? Si No

Tipo: * Tierra
 * Piedra
 * Mejoramiento
 * Asfalto

Ancho de la Vía m

Si, Porque?

1.5. Entrevista a Técnico encargado:

1.5.1. Limpieza de Lodos

Se ha realizado limpieza de lodos en la planta? Si No

Fecha de la última limpieza de lodos en la planta:

Periodo de limpieza de lodo * Desarenador:
 * Fosa:

Existe estructura para el secado de lodos? Si No Estado de la Estructura: Buenc Medic Malo

Observaciones:

1.5.2. Limpieza de montes y matorrales:

Responsable:

Se ha realizado este tipo de limpieza en la planta? Si No

Fecha de la última limpieza en la planta: Dias Periodo de limpieza: meses

Observaciones:

3. DETALLES DEL TRATAMIENTO

3.1. Tratamiento preliminar

Rejillas:

Existe: Si No Estado físico de la rejilla: Bueno Medio Oxidado

Existe aliviadero? Si No Numero de aliviadero: Diámetro: mm

Ancho de la rejilla: cm Separación entre barras: cm Diámetro: mm

Diámetro de entrada a la planta: mm

Observaciones:

Estructura de medición de caudal? Si No

Consiste en:

3.2. Tratamiento Primario					
Fosa Séptica					
Existe:	Si <input checked="" type="checkbox"/>	Tipo de material de la Estructura:	* Mampostería de Piedra <input type="checkbox"/>	Estado de la Estructura:	* Bueno <input checked="" type="checkbox"/>
	No <input type="checkbox"/>		* Hormigón armado <input checked="" type="checkbox"/>		* Medio <input type="checkbox"/>
					* Malo <input type="checkbox"/>
Entrada a la fosa					
Diámetro de entrada:	160	mm	Existe obstrucción a la entrada:	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
Observaciones:					
Cámaras de la fosa					
Número de Cámaras:	2	Existe estructura de rebose?	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	
Altura libre de la cámara	124	cm	Altura libre de la cámara 2:	124	cm
Existe aeradores?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	Numero de aeradores	4		
	No <input type="checkbox"/>	Diámetro de los aeradores	110 mm		
Observaciones:					
Salida de la fosa					
Diámetro de salida:	160	mm	Existe obstrucción a la salida?:	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
Existe aliviaderos:	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Numero de aliviadero	1	
			Diámetro:	160 mm	
Observaciones:	La fosa cuenta con dos válvulas de salida al costado de esta, las cuales permitirán que el agua no pase al filtro en caso de labores de mantenimiento, y de este modo el caudal vaya directo al cuerpo receptor.				

Anexo 2. Recepción de muestras en el laboratorio de ETAPA EP

 ETAPA <small>SERVICIO NACIONAL DE REGULACIONES ADMINISTRATIVAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS</small> LABORATORIO DE SANEAMIENTO	FORMULARIO PARA RECEPCIÓN DE MUESTRAS
---	--

Nº DE PEDIDO: 17109119 CÓDIGO MUESTRA: 17101-09119

SOLICITA EL ANÁLISIS: Sr. Javier Muñoz Espinoza R.U.C.: 010190426-6

DIRECCIÓN: Barrio Mochuca - Quesca

CORREO ELECTRÓNICO: nacho21.me@hotmail.com TELÉFONO: 912459388

FUENTE: Lodos LUGAR: Plantas Rurales

MUESTRAS TOMADAS POR: Sr. Javier Muñoz

ENTREGADAS EN EL LABORATORIO POR: " "

FECHA DE RECEPCIÓN: 2019.10.13 FECHA ENTREGA RESULTADOS: 2019.10.20

ANÁLISIS REQUERIDOS

<input type="checkbox"/> Alcalinidad Fenoltaleína <input type="checkbox"/> Alcalinidad Total <input type="checkbox"/> Cianuro libre <input type="checkbox"/> Clorofila a <input type="checkbox"/> Cloruros <input type="checkbox"/> Color aparente <input type="checkbox"/> Color real <input type="checkbox"/> Conductividad <input checked="" type="checkbox"/> DBO ₅ <input type="checkbox"/> DQO <input type="checkbox"/> Densidad aparente <input type="checkbox"/> Dureza Cálcica <input type="checkbox"/> Dureza Total <input type="checkbox"/> Fósforo Total <input type="checkbox"/> Nitratos <input type="checkbox"/> Nitritos <input type="checkbox"/> Nitrógeno Amoniacal <input type="checkbox"/> Nitrógeno Orgánico <input type="checkbox"/> NKT	<input type="checkbox"/> O.D. <input type="checkbox"/> pH <input type="checkbox"/> Sólidos Sedimentables <input checked="" type="checkbox"/> Sólidos Suspendedos <input checked="" type="checkbox"/> Sólidos Susp. Volátiles <input type="checkbox"/> Sólidos Totales <input type="checkbox"/> Sólidos Totales Volátiles <input type="checkbox"/> Sólidos Disueltos <input type="checkbox"/> Subs. Solubles al Hexano <input type="checkbox"/> Sulfatos <input type="checkbox"/> Sulfuros <input type="checkbox"/> Turbiedad <input type="checkbox"/> Pesticidas Organoclorados <input type="checkbox"/> Pesticidas Organofosforados <input type="checkbox"/> Radiactividad α y β <input type="checkbox"/> Coliformes <input type="checkbox"/> Parásitos	<input type="checkbox"/> Aluminio <input type="checkbox"/> Antimonio <input type="checkbox"/> Arsénico <input type="checkbox"/> Bario <input type="checkbox"/> Berilio <input type="checkbox"/> Bismuto <input type="checkbox"/> Boro <input type="checkbox"/> Cadmio <input type="checkbox"/> Cobalto <input type="checkbox"/> Cobre <input type="checkbox"/> Cromo <input type="checkbox"/> Estaño <input type="checkbox"/> Estroncio <input type="checkbox"/> Hierro <input type="checkbox"/> Litio <input type="checkbox"/> Manganeso <input type="checkbox"/> Mercurio <input type="checkbox"/> Molibdeno <input type="checkbox"/> Níquel <input type="checkbox"/> Plata	<input type="checkbox"/> Plomo <input type="checkbox"/> Potasio <input type="checkbox"/> Selenio <input type="checkbox"/> Sodio <input type="checkbox"/> Vanadio <input type="checkbox"/> Zinc
---	--	--	---

OBSERVACIONES: Código adjuntos en hoja

COSTO: 224,80 + 26,98 COSTO + IVA: 251,78

FIRMA CLIENTE: Javier Muñoz CI: 0101904266

FIRMA RECEPCIÓN DE MUESTRA: [Firma]

MCD0402-960+
 OP# 267961

Anexo 3. Resultados del análisis físico-químico de lodos realizados en el laboratorio de ETAPA EP

LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf.: 4175557 - 4175568	INFORME DE RESULTADOS	Página 1 de 1
---	------------------------------	---------------

FECHA: 2019/05/20

INFORME N°: 171/19

CLIENTE

NOMBRE: SR. JAVIER MUÑOZ ESPINOZA
 DIRECCIÓN: Panamericana norte km 5 ½ - Cuenca

MUESTRA

CODIGO: 171/01-08/19
 DESCRIPCIÓN: Agua Residual más lodo
 PROCEDENCIA: Planta Rurales
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2019/05/13
 ENTREGADAS POR: Sr. Javier Muñoz

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA ACHAYACU 171/01/19	SALIDA ACHAYACU 171/02//19
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2019/05/13 2019/05/18	mg/l	5400	2000
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2019/05/13	mg/l	78450	51650
SÓLID. SUSP. VOLATILES	SM 2540 E	2019/05/14	mg/l	27300	14000

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA TUTUPALI 171/03/19	SALIDA TUTUPALI 171/04//19
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2019/05/13 2019/05/18	mg/l	9400	5700
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2019/05/13	mg/l	53800	17800
SÓLID. SUSP. VOLATILES	SM 2540 E	2019/05/14	mg/l	24000	7600

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA CEMENTERIO 171/05/19	SALIDA CEMENTERIO 171/06//19
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2019/05/13 2019/05/18	mg/l	23000	3950
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2019/05/13	mg/l	70800	125550
SÓLID. SUSP. VOLATILE	SM 2540 E	2019/05/14	mg/l	20000	16600

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA QUINGEO CENTRO 171/07/19	SALIDA QUINGEO CENTRO 171/08//19
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2019/05/13 2019/05/18	mg/l	6200	3800
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/04	2019/05/13	mg/l	95250	56300
SÓLID. SUSP. VOLATILES	SM 2540 E	2019/05/14	mg/l	22200	12800

SM: STANDARD METHODS, Edición 23

Atentamente,


 BQF. María José Chérrez T.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.

<p>LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf.: 4175557 - 4175568</p>	<p>INFORME DE RESULTADOS</p>	<p>Página 1 de 1</p>
--	-------------------------------------	----------------------

FECHA: 2019/05/13

INFORME N°: 156/19

CLIENTE

NOMBRE: SR. CRISTIAN ORELLANA
DIRECCIÓN: Panamericana norte km 5 ½ - Cuenca

MUESTRA

CODIGO: 156/01-02/19
DESCRIPCIÓN: Agua Residual más lodo
PROCEDENCIA: Planta Laureles del Valle
FECHA DE RECEPCIÓN: 2019/05/06
ENTREGADAS POR: Sr. Cristian Orellana

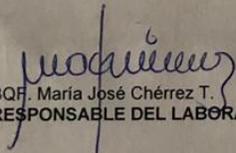
RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA 156/01/19	SALIDA 156/02/19
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2019/05/06 2019/05/11	mg/l	4900	**

** : La DBO5 es mayor a la esperada. >7000mg/l

SM: STANDARD METHODS, Edición 23

Atentamente,


BQT, María José Chérrez T.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf.: 4175557 - 4175568	INFORME DE RESULTADOS	Página 1 de 1
---	------------------------------	---------------

FECHA: 2019/05/21

INFORME N°: 173/19

CLIENTE

NOMBRE: SR. CRISTIAN ORELLANA
DIRECCIÓN: Panamericana norte km 5 ½ - Cuenca

MUESTRA

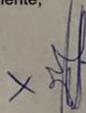
CODIGO: 173/01-02/19
DESCRIPCIÓN: Agua Residual más lodo
PROCEDENCIA: Laureles del Valle
FECHA DE RECEPCIÓN: 2019/05/14
ENTREGADAS POR: Sr. Cristian Orellana

RESULTADOS

PARAMETRO		METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	ENTRADA 173/01/19	SALIDA 173/02/19
SÓLIDOS	SUSPENDIDOS	PEE/LS/FQ/04	2019/05/15	mg/l	181900	111600
TOTALES						
SÓLID.	SUSP. VOLÁTILES	SM 2540 E	2019/05/20	mg/l	40500	37900

SM: STANDARD METHODS, Edición 23

Atentamente,



BQF. María José Chérrez T.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.