



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**Evaluación de la eficiencia del biodigestor comercial en el tratamiento de las
aguas residuales domiciliarias**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario

AUTOR:

Jhony Silva Flores

ASESOR:

Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza

Código N° 6052421

Moyobamba – Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



Evaluación de la eficiencia del biodigestor comercial en el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias

AUTOR:

Jhony Silva Flores

Sustentada y aprobada el 18 de agosto del 2022, por los siguientes jurados:

.....
Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález

Presidente

.....
Blgo. M.Sc. Alfredo Ibán Díaz Visitación

Secretario

.....
Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez

Miembro

.....
Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza

Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO **PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO**

Siendo las **3:00 pm** de la tarde del día **jueves 18 de agosto del 2022** en la ciudad de Moyobamba, según la Directiva N° 01-2020-UNSM-T, aprobado con Resolución N° 367-2020-UNSM/CU-R de fecha 29 de mayo del 2020, sobre Sustentación de Tesis de Pregrado según la Modalidad No Presencial (forma virtual) de la Facultad de Ecología, se reunieron virtualmente los miembros de jurado de tesis integrado por:

Ing. M.Sc. ALFONSO ROJAS BARDÁLEZ	PRESIDENTE
Blgo. M.Sc. ALFREDO IBÁN DÍAZ VISITACIÓN	SECRETARIO
Blgo. M.Sc. LUIS EDUARDO RODRIGUEZ PEREZ	MIEMBRO
Ing. Dr. YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA	ASESOR

Para evaluar la sustentación de la tesis titulado: **“Evaluación de la eficiencia del biodigestor comercial en el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias;** presentado por el Bachiller en Ingeniería Sanitaria: **Jhony Silva Flores** según **Resolución Decanal N° 009-2021-UNSM/CFT/FE de fecha 05 de julio del 2021**. Los señores miembros del jurado, después de haber escuchado la sustentación virtual, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: aprobado por unanimidad con el calificativo de: Regular y nota trece (13)

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **17:00** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardalez
Presidente

Blgo. M.Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación
Secretario

Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez
Miembro

Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza
Asesor

Declaratoria de autenticidad

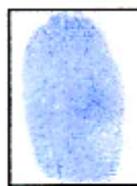
Jhony Silva Flores, con DNI N° 72700169, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Evaluación de la eficiencia del biodigestor comercial en el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 18 de agosto del 2022.



.....
Jhony Silva Flores
DNI N° 72700169

Dedicatoria

Este proyecto de investigación está dedicada a mis padres Ambrosio Silva Salvador y Margarita Flores Huamán, que siempre me apoyan en toda mi vida, gracias a ellos pude lograr grandes cosas, son el motivo para seguir luchando y triunfando en esta vida.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por la vida y la salud por permitirme lograr muchas cosas, gracias a su voluntad.

También agradezco a mis hermanos, Betty Yasely, James, Ruth Jhomary, por su apoyo en la realización de este proyecto de investigación.

A mi asesor Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza y a todos los docentes de facultada de ecología por sus enseñanzas y motivación que me brindaron durante mi formación académica.

Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
 Introducción.....	 1
 CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	 3
1.1. Antecedentes de la investigación.....	3
1.2. Bases teóricas	5
1.2.1. Biodigestor comercial	5
1.2.2. Aguas residuales domiciliarias.....	10
1.3. Definición de términos básicos.....	13
 CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS	 14
2.1. Materiales.....	14
2.2. Métodos.....	14
 CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	 17
3.1. Componentes físicos del biodigestor para el tratamiento de aguas residuales. ..	17
3.1.1. Biodigestor	17
3.1.2. Funcionamiento.....	19
3.1.3. Eficiencia.....	19
3.2. Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales domésticas.....	 20
3.3. Eficiencia del biodigestor comercial en el tratamiento de las aguas residuales..	24
3.4. Discusión de resultados.....	32
 CONCLUSIONES	 34
 RECOMENDACIONES.....	 35
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 36
 ANEXOS	 40
Anexo 1. Mapa de Ubicación del Are de Estudio.....	41

Anexo 2. Rollo fotográfico	42
Anexo 3. Análisis microbiológico	45
Anexo 4. Límites Máximos Permisibles (LMP) para vertidos a cuerpos de agua....	47
Anexo 5. Plano y Detalles de Biodigestor	49
Anexo 6. Ficha de registro de asistencia al laboratorio	50

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Características físicas del biodigestor comercial</i>	6
Tabla 2. <i>Composición típica del agua residual doméstica bruta (mg/l)</i>	11
Tabla 3. <i>Especificaciones técnicas del biodigestor</i>	17
Tabla 4. <i>Dimensión del equipo.</i>	18
Tabla 5. <i>Eficiencia del Biodigestor Comercial</i>	19
Tabla 6. <i>Datos del parámetro DBO</i>	20
Tabla 7. <i>Datos del parámetro DQO</i>	20
Tabla 8. <i>Datos del parámetro SST</i>	21
Tabla 9. <i>Datos del parámetro Potencial de Hidrógeno</i>	21
Tabla 10. <i>Datos del parámetro Temperatura</i>	22
Tabla 11. <i>Datos del parámetro Coliformes fecales</i>	22
Tabla 12. <i>Datos del parámetro Oxígeno disuelto</i>	23
Tabla 13. <i>Datos del parámetro fosfatos</i>	23
Tabla 14. <i>Eficiencia de tratamiento en la DBO</i>	24
Tabla 15. <i>Eficiencia de tratamiento en la DQO</i>	25
Tabla 16. <i>Eficiencia de tratamiento en los SST</i>	26
Tabla 17. <i>Eficiencia de tratamiento en el pH</i>	27
Tabla 18. <i>Eficiencia de tratamiento en la Temperatura</i>	28
Tabla 19. <i>Eficiencia de tratamiento en los Coliformes fecales</i>	29
Tabla 20. <i>Eficiencia de tratamiento en el Oxígeno disuelto</i>	30
Tabla 21. <i>Eficiencia de tratamiento en los Fosfatos</i>	31
Tabla 22. <i>Eficiencia final del BDC600</i>	32

Resumen

El presente trabajo se ejecutó en el CC. PP. Yarinal, distrito de Pardo Miguel, San Martín; con la finalidad de evaluar la eficiencia de un biodigestor comercial en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la zona. Teniendo en cuenta los componentes del biodigestor se realizó la caracterización física, química y biológica de las aguas, para así determinar la efectividad del mismo. La parte experimental del presente trabajo, se desarrolló en el sector Yarinal, en donde se tomaron muestras 4 muestras, de manera semanal, durante un mes, para así poder realizar los respectivos análisis. Como resultados se obtuvo los siguientes datos de eficiencia por cada parámetro evaluado en la primera etapa del proceso preliminar : DBO – 51.48%, DQO – 46%, Sólidos en Suspensión Totales – 52.84%, Coliformes Fecales (termotolerantes) – 87.60%, Oxígeno Disuelto 269%, Fosfatos – 27; para lo cual se concluye que el biodigestor no está siendo eficiente con el proceso de tratamiento que se evaluó en una primera etapa antes del pozo de absorción y no cumple con las especificaciones de los parámetros de descarga de efluentes residuales. Esto puede darse debido a diversos factores; el biodigestor no cumple con lo especificado y no es apto para el tratamiento, o está siendo operada de manera incorrecta. Sin embargo, cumple con la reducción de los agentes contaminantes presentes en las aguas residuales, pero no de la manera esperada.

Palabras clave: biodigestor, física, química, biológica, contaminación, eficiencia.

Abstract

The present work was carried out at the CC. PP. Yarinal, district of Pardo Miguel, San Martín; in order to evaluate the efficiency of a commercial biodigester in the treatment of domestic wastewater in the area. Considering the components of the biodigester, a physical, chemical and biological characterization of the water was performed in order to determine its effectiveness. The experimental part of this study was carried out in the Yarinal sector, where 4 samples were taken weekly for a month in order to perform the respective analyses. As results, the following efficiency data was obtained for each parameter evaluated in the first stage of the preliminary process: BOD - 51.48%, COD - 46%, Total Suspended Solids - 52.84%, Fecal Coliforms (thermotolerant) - 87.60%, Dissolved Oxygen 269%, Phosphates - 27. It is therefore concluded that the biodigester is not being efficient with the treatment process that was evaluated in a first stage before the absorption pit and does not comply with the specifications of the waste effluent discharge parameters. This may be due to several factors: the biodigester does not meet specifications and is not suitable for treatment, or it is being operated incorrectly. It does, however, reduce the pollutants present in the wastewater, but not as expected.

Key words: biodigester, physical, chemical, biological, contamination, efficiency.



Introducción

Desde los inicios de los tiempos, el tema del tratamiento de aguas residuales ha sido un aspecto importante a tomar en cuenta por la población. En la actualidad, a nivel mundial, se han venido realizando estudios, examinando y tratando de dar solución a una serie de problemas relacionados con el tema. Los sistemas de tratamientos empleados hoy en día tienen como finalidad disminuir algunos de los parámetros presentes en el agua, de forma que al darle uso se cumplan las características aceptables según los estándares de calidad aprobados por las autoridades. (Espigares y Pérez, 1985).

En el Perú uno de los principales problemas que se tiene es el tratamiento de las aguas crudas puesto que se tiene una falta o reducida disposición de servicios y mantenimiento de alcantarillado. Cabe indicar que en promedio solo 50 entidades se dedican a brindar servicios de saneamiento y cubren solo un 69,6% del total de la población urbana (OEFA 2014). A finales de los años 70 el ITINTEC (actualmente INDECOPI) desarrolló un estudio y promovió el uso de los biodigestores en el país, para la producción de energía y fertilizantes (compost). Al día de hoy, existen muchas empresas que realizan estos proyectos a diferentes niveles a lo largo de todo el territorio peruano (Ministerio de Agricultura y Riego, 2012).

Así mismo, a lo largo del territorio nacional se encuentran muchas plantas de tratamiento de aguas crudas que no se encuentran operando correctamente, las cuales también cuentan con tecnologías que no son aptas para la situación climática en las que han sido colocadas; siguen un módulo importado que no se relaciona con la realidad peruana, entre otros factores. Es una realidad peruana, donde el interés económico de las empresas privadas o la falta de ética, genera ese tipo de plantas abandonadas y no aptas para brindar un buen servicio a la sociedad (Sanchez, 2017).

Hoy por hoy encontramos diferentes opciones de tratamiento de aguas crudas, sin embargo, la mala intervención, conservación y su reducida habituación al medio han llevado al fracaso de estos procesos, ocasionando grandes pérdidas para la sociedad. Es por eso que las opciones de tratamiento con métodos naturales resultan una buena opción si van dirigidas a poblaciones reducidas y medianas, debido a su elevada efectividad, reducidos gastos de operación y conservación, simple de construir, a comparación de los sistemas tradicionales (Sanchez, 2017).

En el ámbito regional, el ANA (Autoridad Nacional del Agua, halló elevada concentración de coliformes fecales en los cuerpos de agua pertenecientes a Tarapoto (San Martín), en los ríos Shilcayo y Cumbaza. Los análisis mostraron que el río Huallaga y sus pasantes tienen una elevada presencia de material de origen orgánico, componentes fosfatados, nitrogenado y coliformes fecales, excediendo los estándares de calidad ambiental. Esta sería una muestra del gran problema que se atraviesa a nivel regional. (SPDA, 2015)

Teniendo en cuenta los factores mencionados, se buscó estudiar la efectividad del biodigestor comercial para la depuración de las aguas crudas; teniendo como base el problema que actualmente está pasando la localidad. A todo esto, se formuló el siguiente problema: ¿Cuál es la eficiencia del biodigestor comercial en el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias?, y dentro del cual en la investigación se persigue el siguiente objetivo general: evaluar la eficiencia del biodigestor comercial en el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias. Como objetivos específicos: Evaluar los componentes físicos del biodigestor para el tratamiento de aguas residuales; caracterizar física, química y biológicamente las aguas residuales domésticas y determinar la eficiencia de un biodigestor comercial en el tratamiento de las aguas residuales ante distintos caudales

La investigación es de tipo aplicada y se tienen dos variables: la independiente: Biodigestor comercial y la dependiente: Tratamiento de las aguas residuales domiciliarias. Se espera que se pueda determinar una nueva manera de descontaminar las aguas de forma eficiente dentro del hogar, puesto que la presencia de este tipo de tecnologías es escasa en el país y todas las ciudades, lo que implicaría una mejora y una solución rápida a los problemas inmediatos del hogar, así mismo, está distribuida en tres capítulos, los cuales indican el marco teórico y la bibliografía consultada, los métodos realizados y los resultados a los que se llegaron, para finalmente terminar con las conclusiones y las recomendaciones.

La investigación se dividió en tres capítulos: El capítulo I, en este capítulo se describió los conceptos e investigaciones previas realizadas a nivel nacional e internacional sobre el uso de biodigestores comerciales en el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias, el capítulo II, tiene descrito todos los materiales y métodos relacionados a las actividades en torno a cómo lograr los objetivos propuestos en la investigación y en el capítulo III, se describió y graficó los resultados que se obtuvieron mediante el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

A nivel internacional

Cubillos y Huertas (2018), evaluaron la efectividad de un biodigestor tubular anaeróbico a escala piloto en la disminución de materia orgánica, para el tratamiento de aguas residuales porcinas de la Institución Educativa Agrícola Guacavía, Cumaral; obteniendo como resultado los siguientes porcentajes de remoción: 84,95% - DBO; 88,74% - DQO; 84,48% - Ssed; 81,04% - SST y 86,5% - SSV. A su vez se realizaron un experimento para determinar la relación estiércol – agua, en donde obtuvieron como resultado 1:10 en un tiempo de retención hidráulica de 8 días. En los análisis estadísticos los parámetros DBO y DQO, SST y SSV se obtuvo diferencias entre los datos arrojados de los tiempos de retención hidráulica y las relaciones estiércol – agua.

García (2016), propuso el diseño de un biodigestor para el tratamiento de las aguas residuales de la parroquia de Tumbaco. El análisis de las características del efluente arrojó como resultado una baja en la contaminación, y debido a las condiciones anaeróbicas no generaba mal olor. Además, se observó que una gran cantidad de los parásitos presentes se exterminaron, logrando una disminución en los casos de enfermedades infecciosas. El tratamiento usando el biodigestor planteado, es muy sencillo, solo debe pasar seis horas para la baja de carga de materia de origen orgánico y para la limpieza del agua. Como finalidad de esta investigación, se espera que el biodigestor efectúe un tratamiento primario y a su vez anaeróbico, puesto que sería más económico por lo que ya no se necesitaría de elevadas porciones de energía para la introducción de oxígeno en las lagunas aireadas, además no necesita mucho espacio.

Osorio, Ciro y González (2007), evaluaron un sistema de biogestión en serie para clima frío, para lo cual se estudió dos biodigestores de cúpula fija GTZ y uno tipo Taiwán, además se hallaron los parámetros determinantes para su buen manejo. En base a los resultados se pudo visualizar una buena cantidad obtenida de biogas parecido a la de biodigestores de elevada tasa, obteniendo una relación 3:1 entre la capacidad de biogas y la capacidad de biodigestor, a su vez remociones promedio de DBO, DQO y SST de

97,4%, 96,1% y 95,1% respectivamente y un pH cercano a un resultado neutro. Todos estos datos nos muestran una elevada efectividad del sistema en la producción de biogas y en la eliminación de carga contaminante.

Sánchez et. al (2016), efectuaron un análisis inicial de parámetros de campo en un biodigestor anaeróbico para el tratamiento de aguas crudas, para lo cual se midieron los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, sólidos sedimentables, temperatura del influente/efluente y oxígeno disuelto. Todos estos análisis permitieron estudiar la conducta del proceso del biodigestor durante la etapa de arranque. Los datos que se obtuvieron para la entrada y salida del biodigestor son los siguientes: pH (8,03; 8,43), conductividad eléctrica (1510,83 $\mu\text{S}/\text{cm}$; 1207,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$), temperatura del proceso (19,2 °C; 20,1 °C), sólidos sedimentables (144,5 mL/L; 0,02mL/L), oxígeno disuelto (4,5992mg/L; 0,1924 mg/L). Estos resultados permitieron hallar el punto de partida para iniciar el tratamiento de las aguas crudas domésticas.

A nivel nacional

Rodrigo y Vega (2020), estudiaron de manera comparativa la efectividad del uso de biodigestores y humedales artificiales en el tratamiento de aguas crudas domésticas. Comparando los resultados obtenidos para cada tratamiento, se halló usando biodigestores una remoción de: sólidos suspendidos totales 70,02%, demanda química de oxígeno (DQO) 42,68%, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) 44,82%, coliformes fecales 47,63%. Usando humedales artificiales se obtuvieron: coliformes fecales 89,17%, sólidos suspendidos totales 82,77%, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) 78,03%, demanda química de oxígeno (DQO) 72,91%. Luego procedieron a realizar la paridad de los resultados por cada parámetro analizado, con los límites máximos establecidos, donde se visualiza que los coliformes fecales, DBO5 y DQO no cumplen con los límites establecidos, por otro lado, los resultados obtenidos de los humedales artificiales están por debajo de los límites máximos.

Ríos y Cisneros (2019), estudiaron las características fisicoquímicos y microbiológicos, obteniendo promedios del tratamiento en el afluente y en el efluente: Aceites y grasas (108 y 21 mg/l); Coliformes totales ($9,4 \cdot 10^7$ y $1,5 \cdot 10^6$ NMP/100 ml); Coliformes termo tolerantes ($2,6 \cdot 10^7$ y $6,9 \cdot 10^5$ NMP/100 ml); DBO5 (2 632,6 y 393 mg/l); DQO (3 799,3 y 680 mg/l); sólidos suspendidos totales (1 788,6 y 187mg/l);

potencial de hidrógeno (8,6 y 7,4) y la Temperatura del agua (22,4 y 22,5 °C). Lo cual indica una eficiencia de remoción obtenida: Aceites y grasas – 82,5%, Coliformes totales – 98,3%, Coliformes Termo tolerantes – 97,3%, DBO5 – 84,9%, DQO - 82%, SST – 89,5%. En general la efectividad del sistema tomando en cuenta todos los parámetros fue de 89% en el tratamiento de remoción de las aguas crudas domésticas, lo que nos muestra que este método es una opción viable y óptima para reducir los efectos ambientales (agua, aire y suelo) y cooperar a una calidad en la salud de la población.

Domínguez y Rojas (2019), analizaron la efectividad de los biodigestores autolimpiables insertadas en las unidades básicas de saneamiento en el tratamiento de aguas crudas domésticas. En donde se obtuvo como resultado la eficiencia de los biodigestores, lo cual está representado por el grado en el que se cumplen los objetivos específicos. Se determinó el grado de remoción por cada parámetro: 50,09 % - STS, 73,14 % - DQO, 71,47 % - DBO5, 93,45 % - AyG, y 36,75 % - CTT. También se procedió a comparar con el D.S. N° 003-2010-MINAM, implantando que los efluentes obedecen los estándares de los LMP. Como conclusión de la investigación se tiene que los biodigestores autolimpiables, son efectivos en el tratamiento de aguas crudas domésticas.

Collasos y Vargas (2019), propusieron el diseño de un sistema de biodigestores con el fin de aprovechar la energía de los residuos orgánicos del camal municipal de Jaén – Perú; se estableció la cantidad de material orgánico que se producen de manera diaria, obteniendo un aproximado de 646,5 kg. Se evaluó un sistema que cuenta con 3 reactores de tipo tubular para que funcionen de manera paralela y se establecieron sus magnitudes y requisitos necesarios para su manejo. Se consideró una generación de 18,91 m³ de biogás al día. De igual forma, se cuantificó la máxima necesidad eléctrica del camal, obteniendo un valor de 2,7 kW de potencia, para lo cual se eligió un generador eléctrico de 5 kW de potencia para cumplir con la demanda del local. En el análisis financiero se tuvo una TIR de 47%, el VAN de S/. 244 674.3, y un TDR de 3 años. Se concluye que el proyecto es viable.

1.2.Bases teóricas

1.2.1. Biodigestor comercial

Un biodigestor es una cámara de reacción, impenetrable e impermeable, el cual descompone el material de origen orgánico que se encuentra dentro del mismo. Al

combinarse los desechos con un grupo de bacterias anaeróbicas, generan elevadas cantidades de metano y otros gases como sulfuro de hidrogeno, dióxido de carbono, nitrógenos entre otros, que al mezclarse generan el biogás.

La implementación del biodigestor en una opción eco amigable debido a su sencilla construcción y su bajo costo, es por eso que son puestos en marcha en las comunidades rurales que se encuentran alejadas, cooperando a su vez con la manipulación de residuos vegetales y animales e impulsando una solución ambiental con respecto al gasto energético (Tavizón, 2010).

Características de un biodigestor comercial

El biodigestor comercial se presenta de diversas maneras en el mercado, estas opciones se ofrecen de acuerdo al caudal que se trabajará. En la siguiente tabla se muestran estos atributos:

Tabla 1

Características físicas del biodigestor comercial

Características	Unidad	Capacidad (L)			
		600	1300	3000	7000
Altura	metro	1,65	1,95	2,15	2,65
Diámetro	metro	0,86	1,12	2	2,4
Capacidad para el tratamiento de aguas residuales	Persona	5	10	25	57

Fuente: (Manual del fabricante, 2011)

Tipos de biodigestores:

Biodigestores discontinuos / Por lotes.

Los biodigestores discontinuos o por lotes, son depósitos sellados, los cuales una vez saturados, no consienten que se extraigan o el aumento de más sustancias hasta finalizar el proceso de biodegradación y producción de biogas. Es decir, el proceso acaba cuando ya no hay más biogas por producir (ECOINVENTOS, 2020).

✓ Biodigestores Semicontínuos

Estos tipos de biodigestores reciben cargas comparativamente pequeñas de manera diaria, comparado con el contenido total. Esta es depositada en la cámara de carga, de igual forma se debe retirar de la cámara de descarga una cantidad igual a la depositada para conservar la capacidad constante. Por lo general producen biogas de manera continua, debido al suministro que tienen de los nuevos nutrientes (ECOINVENTOS, 2020).

✓ Biodigestores de mezcla completa

Este tipo de biodigestor está caracterizado por la carga que se tiene que añadir de forma periódica, ya que se combina casi de forma total con el contenido que se encuentra en la cámara. Finalmente, se obtiene que una parte del material que no se biodegradó es expulsado en el efluente, lo cual permite que se garantice y se realice la eliminación de agentes contaminantes que provocan enfermedades tanto en plantas como en animales (ECOINVENTOS, 2020).

✓ Biodigestores de flujo pistón

Está caracterizado por el largo de la cámara, su degradación se da mientras van transitando a lo largo de este. Los digestores de esta categoría son de bajo costo por lo general (ECOINVENTOS, 2020).

Componentes de un biodigestor:

Los componentes más importantes de un digestor anaeróbico: reactor de los materiales que se procesarán; contenedor de gas, accesorios de salida, entrada o carga de materia prima y descargas estabilizadas (FAO, 2011).

• Reactor

Principal componente en donde se da el proceso bioquímico de descomposición del material orgánico. Este componente se encuentra en formas cilíndricas, cúbica, ovoide o rectangular, aunque por lo general se fabrican de forma cilíndrica. La base del reactor está posicionada de forma inclinada, por lo que la arena, el material de origen inorgánico y la carga pesada del afluente deben ser expulsados. En la actualidad hay digestores mucho más modernos, y tienen cubiertas fijas que evitan la fuga de

malos olores, preservan la temperatura ideal, impiden la entrada de oxígeno y permite la extracción del gas producido (FAO, 2011).

- Entrada del afluente

Por lo general, el afluente ingresa por la parte de arriba del digestor, y los restos son retirados por el lado inferior (FAO, 2011).

- Salida del efluente

En los digestores de cubierta fija se encuentran 3 – 5 tubos instalados a diferentes niveles, o también puede pasar que solo se encuentra un único tubo pero con válvulas colocadas a diferentes niveles, para la expulsión del efluente (FAO, 2011).

- Extracción de lodos

Los tubos que sirven para extraer lodos, por lo general se encuentran en bloques en el suelo de forma inclinada. La extracción se da por el centro del reactor. Estos tubos cuentan con 15 cm de diámetro o están equipadas con válvulas que evitarán las obstrucciones. Son usadas para llevar de forma habitual el lodo que se encuentra en el digestor hacia un método de salida de lodos (FAO, 2011).

- Sistema de gas

Al darse la digestión anaeróbica se genera de 400 – 700 litros de gas por cada kilogramo de materia de origen orgánico degradado, según las características del influente. El gas extraído tiene en su composición metano y anhídrido carbónico. Si el contenido de metano en el gas producido varía de 65% - 70% en volumen funcionará de forma adecuada, con una fluctuación en el anhídrido carbónico de 30% - 35%. El uno o dos por ciento del gas producido está conformado de otros gases (FAO, 2011).

Eficiencia de los biodigestores:

El cálculo de la efectividad del biodigestor se realiza teniendo en cuenta la disminución lograda, se realiza una comparación con los parámetros que se analizaron de forma inicial en la materia de carga (afluente). Al final se desea notar cambios notorios, como: alteración de la población, establecimiento y crecimiento de industrias, variación en la composición y consumo de insumos de origen natural, etc.

Los datos que arrojaran el ingreso y la salida de los biodigestores, son considerados como parte del proceso de descomposición. A partir de eso se puede calcular la efectividad o eficiencia con la siguiente fórmula (Villanueva & Flores, 2013).

$$E = (VPe - VPs) VPe * 100$$

Dónde:

E: Eficiencia Degradativa (%).

VPe: Valor de parámetro de entrada.

VPs: Valor de Parámetro de Salida.

Instalación de un biodigestor comercial

- Localización/ ubicación

Esquivar áreas pantanosas o probable a sufrir inundaciones.

Esquivar el pase de vehículos por el biodigestor.

No instalar el sistema bajo veredas, pues dificultará su mantenimiento.

Tener en cuenta la probabilidad de futuras extensiones de las edificaciones, veredas, bardas, etc., antes de elegir el lugar en el que se instalará el biodigestor.

Cuando el biodigestor opera bajo el suelo es mejor la edificación de una caja de registro.

La perforación en el suelo debe ser 30 cm adicionales al diámetro del Biodigestor, si es posible se debe llenar y compactar con arena gruesa y agua.

En el cimientado de la excavación se debe construir siempre una base de cemento con 5 cm de grosor.

- Colocación

Bajar el biodigestor a la superficie del hoyo excavado. Se puede realizar utilizando sogas o adecuando un talud para poder bajarlo.

- Nivelación y conexiones:

Para asentar el biodigestor se debe rellenar solo la parte cónica con arena. Luego se debe nivelar horizontalmente el biodigestor y finalmente se ejecutan las conexiones.

- Instalación hidráulica

El Biodigestor cuenta con dos adaptadores, uno para para la conexión de la válvula de lodos y otro para la conexión de la tubería de salida 2". Ambas conexiones son unidas con teflón y los demás componentes con pegamento para PVC. La tubería que sirva para el ingreso de 4" se enlaza con el niple habilitado en el cuerpo del sistema para ejecutar el fin y se enlaza con pegamento para PVC.

Antes de agregar el relleno alrededor del biodigestor si o si debe ser llenado con agua, no potable. Todo esto con el fin de que las fuerzas laterales del terreno no lo vayan a deformar.

Una vez que el agua se haya colocado en el sistema, el terreno debe ser compactado con el material que se seleccionó.

Los aros (PETS), deben ser manipulados con cuidado para que evitar el ingreso por la tubería de 4", y la obstrucción de las otras salidas.

1.2.2. Aguas residuales domiciliarias

Las aguas residuales en su mayoría son procedentes de las actividades diarias y estas conformadas por componentes de origen orgánico y contaminantes, los cuales son arrojados a los suelos, ríos, mare, etc. Las peculiaridades de este tipo de aguas son variadas, todo depende de su procedencia y del tratamiento. Estas aguas tienen en su composición solidos los cuales se alojan en las cloacas y son trasladados por los sistemas de alcantarilla (Romero, 2009).

Estas aguas son producto de la utilización del mismo en las diversas actividades de un hogar, las cuales generan contaminación al entrar en contacto con ella, aportando presencia de sólidos, desechos de origen orgánico, detergente y grasas. Para lo cual es necesario aplicar un tratamiento para su eliminación.

Por lo general, son llamados *aguas servidas o aguas negras*, y el valor de su tratamiento radica en tener como opción regresar el líquido a sus cuerpos de origen natural, evitando los riesgos y peligros que podrían afectar a los seres vivos que tengan contacto o consuman de él. Por lo que su procedimiento de tratamiento es muy importante para el buen aprovechamiento y reutilización, a su vez ayudando con la sostenibilidad ambiental (GENERATE.PRESS, 2020).

El tratamiento da inicio en la recaudación de agua residual, por medio de fosas sépticas en donde se aplicará el primer paso que es la depuración. En esta etapa se efectúa el proceso anaeróbico, en donde reposan los residuos sólidos del agua, dando pase y formando lodo, lo cual facilitará el filtrado posterior (GENERATE.PRESS, 2020).

Características de las domésticas aguas residuales.

Es valioso conocer los atributos físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales, ya que a partir de eso se efectuará el proyecto y se tendrá conocimiento acerca de cómo funcionan las instalaciones de tratamiento. Según Metcalf & Eddy (1995), este tipo de aguas tienen en su composición constituyentes físicos, químicos y biológicos. En base a las concentraciones de cada parámetro serán calificados como concentrada, media o débil. Al momento de evaluar las concentraciones de debe tener en cuenta la hora, día, mes y año.

En la siguiente tabla se presentan los datos sobre las diferentes composiciones:

Tabla 2

Composición típica del agua residual doméstica bruta (mg/l)

Componente	Fuerte	Media	Débil
Sólidos totales	1200	720	350
Sólidos disueltos	950	500	250
Sólidos disueltos fijos	525	300	145
Sólidos disueltos volátiles	325	200	105
Sólidos suspendidos	350	220	100
Sólidos fijos	75	55	20
Sólidos volátiles	275	165	80
Sedimentables	20	10	5
DBO	400	220	110
COT	290	160	80
DQO	1000	500	250
Nitrógeno total	85	40	20
Nitrógeno orgánico	35	15	8
Nitrógeno amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fósforo total	15	8	4
Fósforo orgánico	5	3	1
Fósforo inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad	200	100	50
Grasas y aceites	150	100	50

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

Proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas

El proceso de descontaminación de las aguas residuales empieza en la cosecha de agua residual usando fosas sépticas, en donde se realiza la depuración. En esta etapa ocurre un efecto anaeróbico que permite que los residuos sólidos reposen en la base y eso facilitará el filtrado. Después se visitan las plantas de tratamientos que realizan este procedimiento de descontaminación física, química y biología. En las etapas posteriores si se habla del tratamiento de nivel bioquímico, el agua es liberada de los contaminantes de una forma más profunda. La diferencia que hay entre los tratamientos aplicados a estos líquidos es el volumen de agua que puede ser tratada (ACUATECNIA, 2017).

- Tratamiento preliminar

En esta fase se da la supresión de los constituyentes de las aguas, debido a que su existencia puede generar dificultades en el manejo de los procesos. Algunos son el desbaste, dilaceración, en donde ocurre la eliminación de materias gruesas. También se efectúa la flotación, en donde se expulsa las grasas y aceites. Siguiendo a esto, se da el desarenado para la exclusión de materia en suspensión que pueda ocasionar taponeo y problemas en los equipos y a su vez corrosión de estos (Metcalf & Eddy, 1995)

- Tratamiento primario

En esta fase se expulsa una parte de los sólidos que se hallan en suspensión y la materia de origen orgánico del agua residual. Esta etapa por lo general se da mediante operaciones como el tamizado y sedimentación. El residuo de esta fase contiene una gran porción de materia orgánica y una DBO alta. (Metcalf & Eddy, 1995)

- Tratamiento secundario

Esta fase está centrada en la supresión de los sólidos en suspensión y de los compuestos de origen orgánico biodegradables. “Este proceso está definido como la mezcla de diferentes tratamientos que por lo general son usados para la expulsión de estos. También se aplica el proceso biológico con lodos activados, reactores de lecho fijo, sistemas de lagunas y sedimentación” (Metcalf & Eddy, 1995).

- Tratamiento terciario o tratamiento avanzado

Esta etapa es la más importante, ya que su aplicación es de vital importancia para la expulsión de los elementos que están presentes en las aguas residuales, como

nutrientes, compuestos tóxicos y excesos de materia orgánica. A su vez, se realizan otros procesos como la floculación, coagulación química y sedimentación seguida de filtración y carbón activado. Para expulsar iones específicos y disminución de los sólidos disueltos, se aplican procesos no tan comunes, como ósmosis inversa. La importancia de esta etapa es la reutilización de las aguas residuales, es por eso que es primordial conseguir efluentes de buena calidad (Metcalf & Eddy, 1995).

1.3. Definición de términos básicos

Aguas residuales: Aguas que fueron utilizadas por un determinado grupo de pobladores y/o una industria, las cuales son expulsadas después de haber sido ocupadas, pero conteniendo material de origen orgánico o inorgánico disuelto en el líquido o en suspensión (RNE, 2017).

Aguas residuales domésticas: Aguas que tienen procedencia doméstica, comercial e institucional, las cuales tienen en su composición residuos fisiológicos y otros residuos que vienen de la actividad humana (RNE, 2017).

Biodigestor: Artefacto en el que se realiza el proceso de procesamiento anaeróbico, obteniendo como resultado el biogás (González, Jurado y Gómez, 2017).

Digestión: Putrefacción biológica del material de origen orgánico del lodo que genera una mineralización, licuefacción y gasificación parcial (Bonilla, 2017).

Efluente: Fluido que es expulsado al final de un proceso de tratamiento (González, Jurado y Gómez, 2017).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

- ✓ Envases para la cosecha de muestras requeridas por el parámetro.
- ✓ Guantes de material vinilo.
- ✓ Cooler, para el traslado de muestras en las condiciones adecuadas para su conservación, utilizando aislante de poliuretano.
- ✓ Mascarilla que cumpla con las condiciones de seguridad.
- ✓ Libreta, para completar las fichas.
- ✓ Calculadora.
- ✓ Cámara digital de 20 megapíxeles.
- ✓ Guardapolvo

2.2. Métodos

Método descriptivo:

Se realizó el análisis y verificación de los componentes y su funcionamiento desde entrada a salida.

Método volumétrico de medición de caudal:

El cálculo del caudal se efectuó usando el método volumétrico, en el cual se usará un recipiente circular (balde) con una capacidad de 4.5 litros y un cronómetro. Se calculó el tiempo de que se tomaba en llenar el balde. A su vez, el cálculo del caudal se realizó por cada vez que se efectuó el muestreo. Además, se aplicó la medición con la fórmula correspondiente y se tuvo como resultado del caudal promedio:

$$Q = v * t$$

Donde:

Q = Caudal (m³/seg)

V = Volumen del recipiente (m³)

t = Tiempo en llenar el recipiente

Protocolo de monitoreo de toma de muestras:

Para estudiar y evaluar los parámetros, se aplicó el Protocolo de seguimiento de calidad de los efluentes de la planta de tratamiento de las aguas residuales domésticas o municipales – PTAR de la RM N° 273-2013-VIVIENDA, (Ministerio de Vivienda, y Saneamiento, 2013).

Efectividad del biodigestor

El nivel de efectividad interior del tratamiento de descontaminación de las aguas crudas, está establecida como: la rebaja porcentual de indicadores propios de algunos líquidos; la delimitación de la disminución porcentual está fijada para el indicador específico, como el enlace entre lo que va del ingreso del sistema y el flujo de salida (Ortiz, 2014).

$$E (\%) = \left(\frac{Afluente - Efluente}{Afluente} \right) * 100$$

E (%): Eficiencia de remoción de uno de sus componentes.

Afluente: Carga contaminante de entrada.

Efluente Carga contaminante de salida.

Proceso de instalación de biodigestor:

Se procedió a bajar el biodigestor de manera cuidadosa sin manipular las conexiones; se verificó que el tanque se encuentre vertical usando un “nivel” de burbuja, con el ingreso y la salida del agua alineada. Se verificó que cumpla tener mínimo 20 cm de área despejada entre la pared de excavación y el biodigestor.

Relleno:

Para llenar el agujero cavado fuera del biodigestor, se agregó 30cm del material extraído (o tapete) y se compactó con aplanador manual; después se agregó 30cm de agua dentro del biodigestor; se repitió la misma operación varias veces.

Instalación hidráulica:

- Se ensambló el sistema al ingreso salida.
- Se selló con pegamento para PVC, los puntos de unión de las interconexiones; las partes roscadas solo llevaron cinta teflón.

- Se ensambló la válvula para la salida de los lodos y se selló con pegamentos para PVC.
- Se aseguró que la válvula de lodos esté sellada y que el sistema de tubería esté debidamente asentada y fijada en el piso.

Periodo de evaluación

En la investigación se empleó un biodigestor comercial de 600 litros para el tratamiento de aguas residuales y se tomaron muestras semanales de las aguas que ingresaron al biodigestor comercial y de su efluente, con la finalidad de determinar la calidad de estas aguas y su eficiencia. A continuación, se muestran las fechas en las que se realizaron los respectivos monitoreos:

1 muestreo: 15/02/2022

2 muestreo: 22/02/2022

3 muestreo: 1/03/2022

4 muestreo: 8/03/2022

El muestreo se realizó de manera semanal y en la menor cantidad posible de visitas para respetar las condiciones físicas y no causar variaciones significativas en los resultados de eficiencia, debido a que manipular de manera frecuente el sistema podría causar alteración en los resultados de las variables, invalidando los resultados analizados en la presente investigación.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Componentes físicos del biodigestor para el tratamiento de aguas residuales.

3.1.1. Biodigestor

Características

Uno de los atributos más importantes del proceso de digestión es que redujo la carga contaminante que procedían de los excremento animal y humano, disminuyendo la Demanda Química de Oxígeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 3

Especificaciones técnicas del biodigestor

Especificaciones técnicas	
Nombre técnico	Biodigestor autolimpiable
Color	Negro
Material	Polietileno
Volumen	600 litros
Tiempo de retención (PR)	18.25 horas

Fuente: (Manual del fabricante, 2021)

Dimensiones

A continuación, se muestran las dimensiones del modelo del biodigestor que se tomó en cuenta para la depuración las aguas residuales domiciliarias.

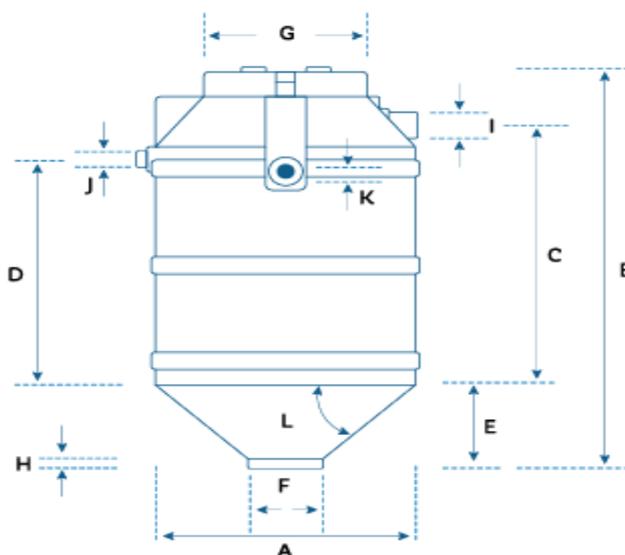
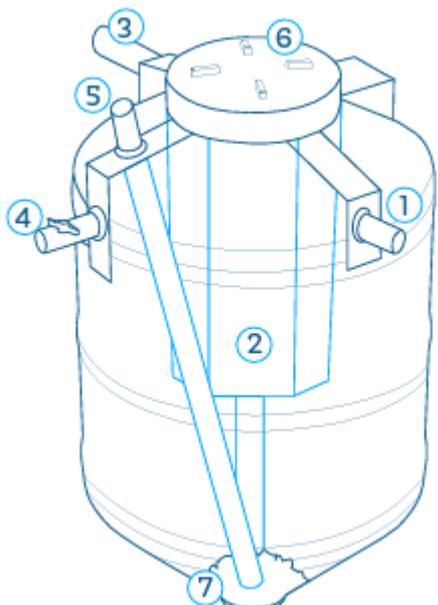


Figura 1. BDC 600

Tabla 4*Dimensión del equipo.*

Dimensiones	
BDR600	
A	0,88 m
B	1,63 m
C	1,07 m
D	0,96 m
E	0,36 m
F	0,24 m
Caudal	600 l

Fuente: (Manual del fabricante, 2021)**Componentes****Figura 2.** Componentes BDC 600

1. Tubería PVC de 4" para entrada de desechos orgánicos.
2. Filtro biológico con aros de plástico (PETS).
3. Tubería PVC de 2" para salida de agua tratada al campo infiltración o pozo de absorción.
4. Válvula esférica para extracción de lodos.
5. Tubería PVC de 2" de acceso para limpieza y/o desobstrucción.
6. Tapa click de 18" para cierre.
7. Base cónica para acumulación de lodos.

3.1.2. Funcionamiento

1. Las aguas residuales (solo inodoro, no aguas grises), se introdujeron al biodigestor que funciona de forma automática, respecto a la limpieza, por la unión que tiene al desagüe y fueron encaminadas al fondo del tanque, área de lodos.
2. En la zona de lodos, se agruparon las bacterias anaeróbicas y formaron una colonia, las cuales consumieron las excretas, y dieron pase al proceso séptico.
3. La base cónica dio pase a la disminución de áreas muertas y volvió más rápido y efectivo al proceso, dando pase así a la autolimpieza del tanque biodigestor.
4. Se efectuó un nuevo proceso microbiológico con una nueva formación de grupos de bacterias anaeróbicas, las cuales se fueron formando en los aros de plásticos que tiene el biofiltro interno (cubeta con aros plásticos o PET).
5. Para asear el biodigestor, se procedió abrir la válvula donde se encontraban los lodos y estos fueron expulsados por el proceso hidráulico al momento de abrir el biodigestor.

3.1.3. Eficiencia

Tabla 5

Eficiencia del Biodigestor Comercial

Remoción	
DBO (demanda bioquímica de oxígeno)	94 %
DQO (demanda química de oxígeno)	88 %
Grasas y aceites	93 %
SS (sólidos sedimentables)	98 %
pH	Estabilizado

Fuente: (Manual del fabricante, 2021)

3.2. Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales domésticas

A. DBO – Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 6

Datos del parámetro DBO

Muestra	Fecha	Afluente (mg/l)
1	15/02/2022	325,00
2	22/02/2022	355,00
3	1/03/2022	348,00
4	8/03/2022	326,00
Promedio		338,50

En la tabla 6 se visualizan los resultados respecto al parámetro DBO en las fechas indicadas de las aguas residuales domésticas, obteniendo como dato promedio 338,50 mg/l.

B. DQO – Demanda Química de Oxígeno

Tabla 7

Datos del parámetro DQO

Muestra	Fecha	Afluente (mg/l)
1	15/02/2022	738,00
2	22/02/2022	725,00
3	1/03/2022	777,00
4	8/03/2022	745,00
Promedio		746,25

En la tabla 7 se presencian los datos obtenidos respecto al parámetro DQO en las fechas indicadas de las aguas residuales domésticas, el promedio de los datos que se obtuvieron es de 746,25 mg/l.

C. SST – Sólidos en Suspensión Total

Tabla 8

Datos del parámetro SST

Muestra	Fecha	Afluente (mg/l)
1	15/02/2022	160,00
2	22/02/2022	157,00
3	1/03/2022	150,00
4	8/03/2022	159,00
Promedio		156,50

En la tabla se muestran los resultados de los muestreos realizados con respecto al parámetro de Sólidos en Suspensión Total en las fechas indicadas en la tabla, el promedio de los datos es de 156,50 mg/l.

D. pH – Potencial de Hidrógeno

Tabla 9

Datos del parámetro Potencial de Hidrógeno

Muestra	Fecha	Afluente
1	15/02/2022	8,03
2	22/02/2022	7,97
3	1/03/2022	8,12
4	8/03/2022	8,07
Promedio		8,05

En la tabla 9 se observan los datos respecto al parámetro pH en las fechas indicadas de las aguas residuales domésticas, obteniendo como dato promedio 8,05.

E. Temperatura

Tabla 10

Datos del parámetro Temperatura

Muestra	Fecha	Afluente (°C)
1	15/02/2022	20,00
2	22/02/2022	19,00
3	1/03/2022	20,00
4	8/03/2022	23,00
Promedio		20,50

A partir de la tabla se pueden observar los datos de los muestreos realizados con respecto al parámetro Temperatura en las fechas indicadas en la tabla, el promedio de los datos es de 20,50 °C.

F. Coliformes fecales (termotolerantes)

Tabla 11

Datos del parámetro Coliformes fecales

Muestra	Fecha	Afluente (NMP/100ml)
1	15/02/2022	1 050,00
2	22/02/2022	1 077,00
3	1/03/2022	1 083,00
4	8/03/2022	1 101,00
Promedio		1 077,75

En la tabla 12 se muestran los resultados del parámetro Coliformes Fecales en las fechas indicadas en la tabla, el promedio de los datos es de 1 077,75 NMP/100ml.

G. Oxígeno disuelto

Tabla 12

Datos del parámetro Oxígeno Disuelto

Muestra	Fecha	Afluente (mg/l)
1	15/02/2022	1,61
2	22/02/2022	1,47
3	1/03/2022	1,52
4	8/03/2022	1,55
Promedio		1,54

En la tabla se visualizan los resultados de los muestreos realizados con respecto al parámetro Oxígeno disuelto en las fechas indicadas en la tabla, el promedio de los datos es de 1.54 mg/l.

H. Fosfatos

Tabla 13

Datos del parámetro Fosfatos

Muestra	Fecha	Afluente (mg/l)
1	15/02/2022	17,44
2	22/02/2022	17,75
3	1/03/2022	17,44
4	8/03/2022	17,14
Promedio		17,44

En la tabla 13 se muestran los resultados del parámetro Fosfatos en las fechas indicadas en la tabla, el promedio de los datos es de 17,44 mg/l.

3.3. Eficiencia del biodigestor comercial en el tratamiento de las aguas residuales.

a) DBO – Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 14

Eficiencia de tratamiento en la DBO

Muestra	Fecha	Afluente (mg/l)	Efluente	Eficiencia (%)
1	15/02/2022	325,00	169,30	47,91
2	22/02/2022	355,00	163,00	54,08
3	1/03/2022	348,00	159,10	54,28
4	8/03/2022	326,00	164,20	49,63
Promedio		338,50	163,90	51,48

Si hablamos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno promedio, obtuvo un resultado en el afluente de 338,50 mg/l, por otro lado, en el efluente obtuvimos un valor de 163,90 mg/l. Teniendo como eficiencia promedio del tratamiento 51,48%.

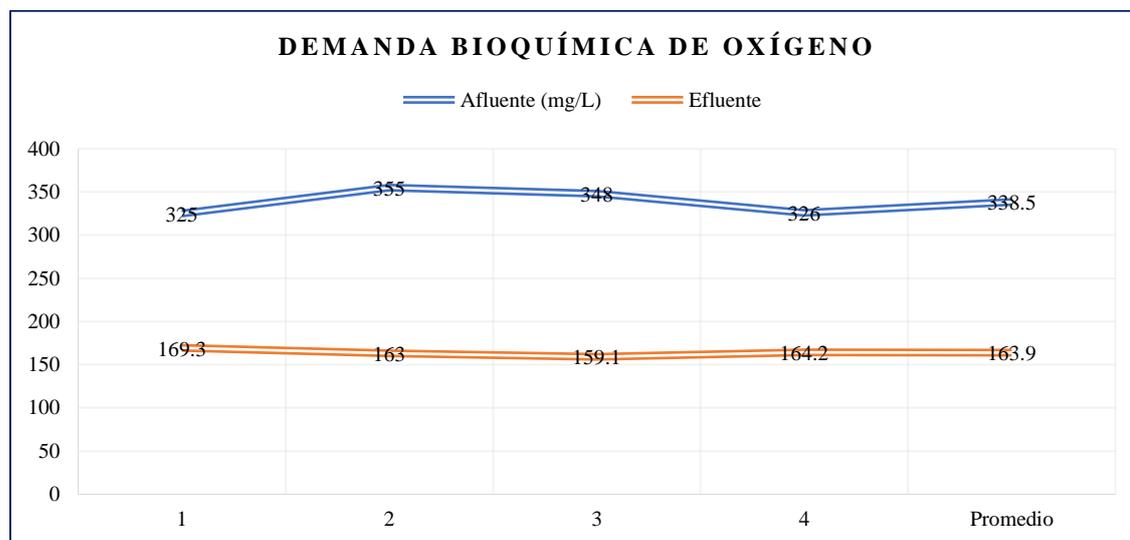


Figura 3. Demanda bioquímica de oxígeno

A continuación, se observa la variación de los datos tomados en el pre y post tratamiento. Del cual se puede deducir que no hay una gran diferencia, y está representado por el resultado obtenido en la eficiencia promedio con un valor del 51,48%. Este resultado no es el más óptimo y nos indica que el tratamiento con el biodigestor no está resultando del todo eficiente.

b) DQO – Demanda Química de Oxígeno

Tabla 15

Eficiencia de tratamiento en la DQO

Muestra	Fecha	Afluente (mg/l)	Efluente	Eficiencia (%)
1	15/02/2022	738,00	399,00	45,93
2	22/02/2022	725,00	405,00	44,14
3	1/03/2022	777,00	407,00	47,62
4	8/03/2022	745,00	400,00	46,31
Promedio		746,25	402,75	46,00

Si hablamos de la Demanda Química de Oxígeno promedio, en el afluente se obtuvo 746,25 mg/l, por otro lado, en el efluente obtuvimos un valor de 402,75 mg/l. Teniendo como eficiencia promedio del tratamiento 46,00%.

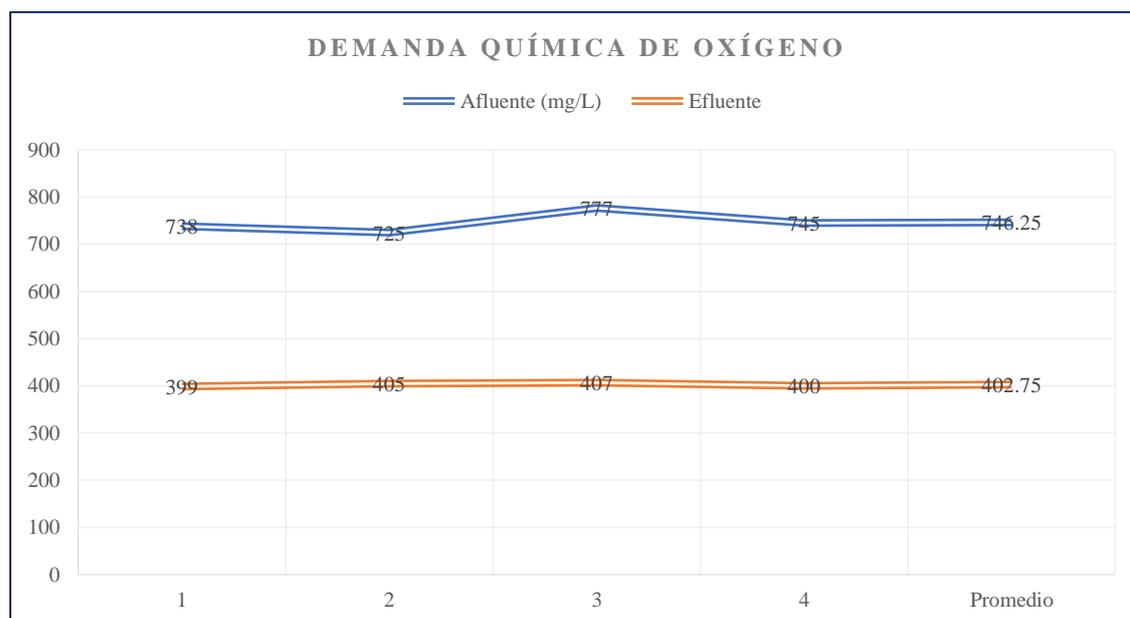


Figura 4. Demanda química de oxígeno

Del gráfico se observa la variación de los datos tomados pre y post tratamiento para el parámetro DQO. Y se puede visualizar que no existe mucha variación, lo cual, no es un resultado muy satisfactorio, ya que solo se cuenta con una eficiencia promedio de 51,48%. Este resultado no es tan favorable y nos indica que el biodigestor no está siendo muy eficiente.

c) SST – Sólidos en Suspensión Total

Tabla 16

Eficiencia de tratamiento en los SST

Muestra	Fecha	Afluente (mg/l)	Efluente	Eficiencia (%)
1	15/02/2022	160,00	73,00	54,38
2	22/02/2022	157,00	70,00	55,41
3	1/03/2022	150,00	75,00	50,00
4	8/03/2022	159,00	77,00	51,57
Promedio		156,50	73,75	52,84

Como podemos observar en la tabla 16, se obtuvo como valor promedio en el afluente 156,50 mg/l, en el efluente fue de 73,75 mg/l. Lo cual nos da como eficiencia promedio del tratamiento un valor de 52,84%

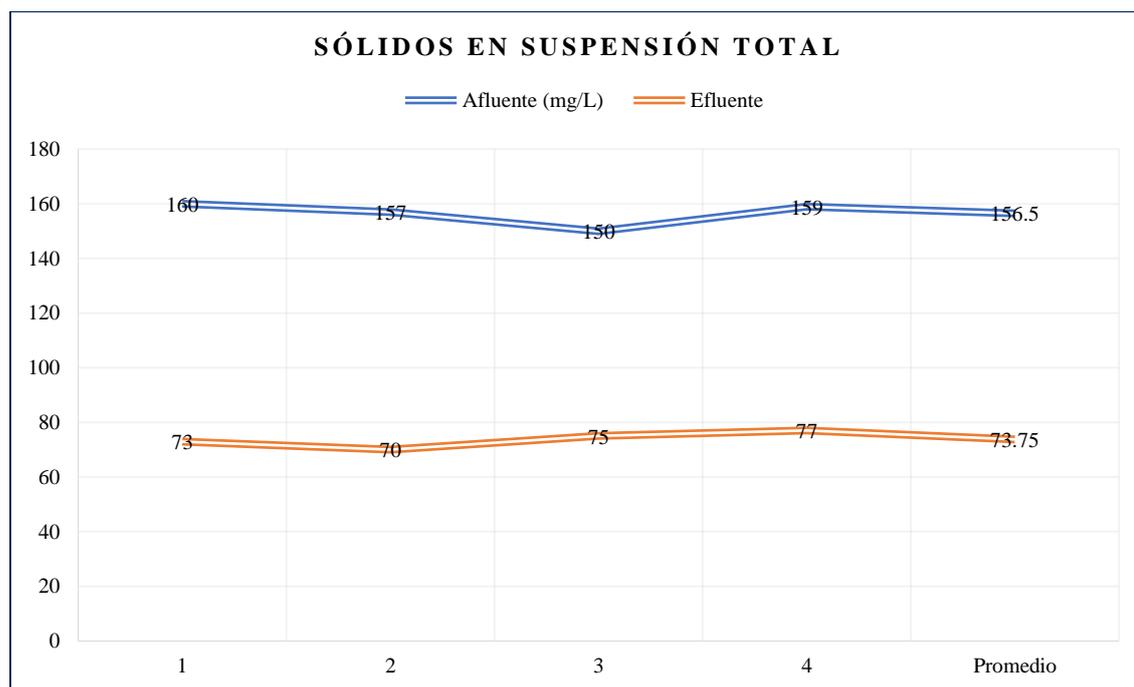


Figura 5. Sólidos en suspensión total

De la figura se puede deducir que no existe una gran variación entre los datos tomados pre y post tratamiento para el parámetro Sólidos en Suspensión Total. Lo cual, no es un resultado muy favorable, debido a que solo se cuenta con una eficiencia promedio de 52,84%. Este resultado nos indica que el biodigestor no está siendo muy eficiente.

d) pH – Potencial de Hidrógeno

Tabla 17

Variación en el parámetro pH

Muestra	Fecha	Afluente	Efluente
1	15/02/2022	8,03	8,00
2	22/02/2022	7,97	7,91
3	1/03/2022	8,12	8,10
4	8/03/2022	8,07	8,03
Promedio		8,05	8,01

Como podemos observar en la tabla 17, se obtuvo como valor promedio en el afluente 8,05, el efluente fue de 8,01; lo que indica mínima variación en el valor del potencial de hidrógeno.

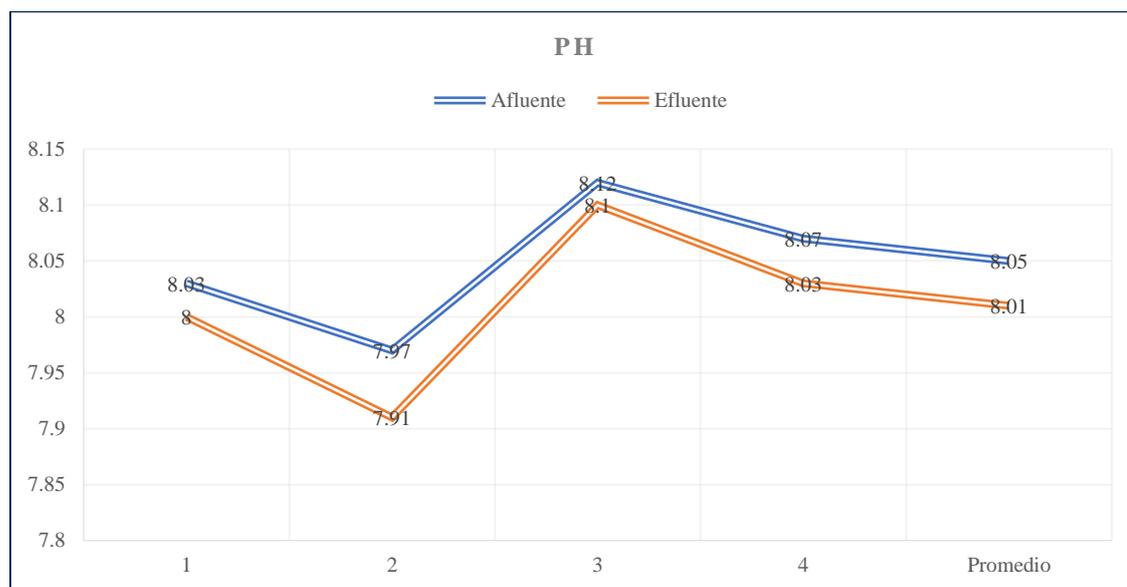


Figura 6. pH

A continuación, se observa la relación que existe entre los datos tomados antes y después del tratamiento para el parámetro Potencial de Hidrógeno. Se observa la ligera variación en el resultado, sin embargo, este parámetro se encuentra dentro de los límites máximos permitidos, por lo que la diferencia entre el efluente y afluente no será extensa.

e) Temperatura

Tabla 18

Variación en el parámetro Temperatura

Muestra	Fecha	Afluyente	Efluyente
1	15/02/2022	20,00	19,00
2	22/02/2022	19,00	18,00
3	1/03/2022	20,00	18,00
4	8/03/2022	23,00	21,00
Promedio		20,50	19,00

Como podemos observar en la tabla 18, se obtuvo como valor promedio en el afluyente 20,50 °C, el efluente fue de 19,00 °C.

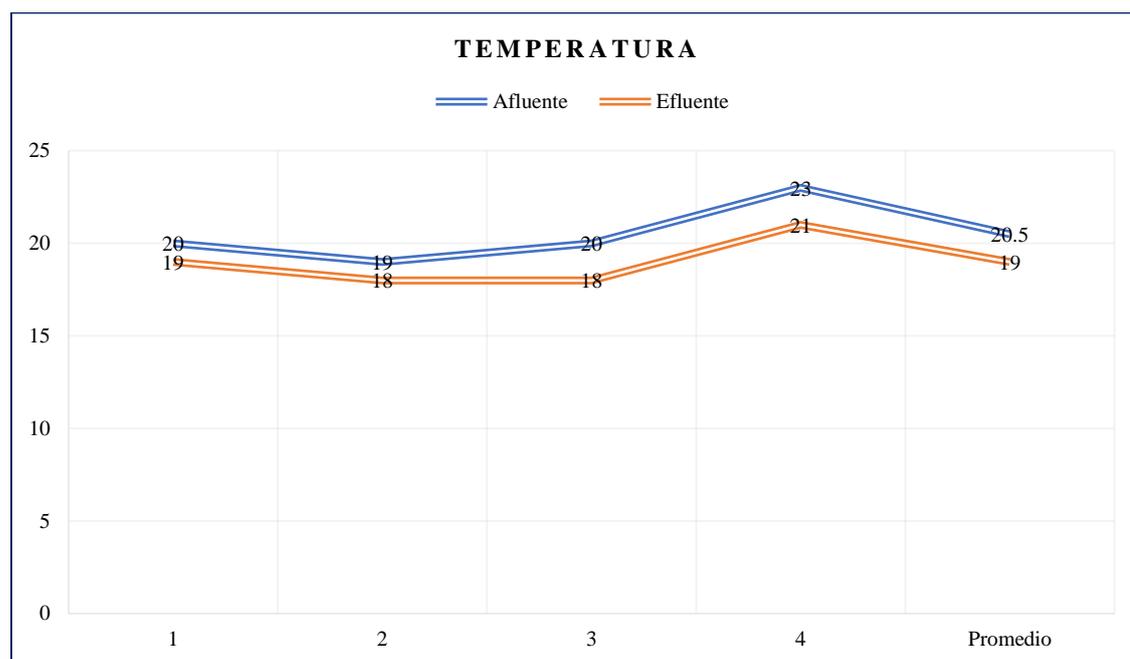


Figura 7. Temperatura

De la figura se observa la variación de los datos tomados pre y post tratamiento para el parámetro Temperatura. En este se puede visualizar que no hay mucha variación entre los datos, sin embargo, este parámetro se encuentra dentro de los límites máximos permitidos, por lo que no se espera una gran diferencia entre el efluente y afluyente.

f) Coliformes fecales (Termotolerantes)

Tabla 19

Eficiencia de tratamiento en los Coliformes fecales

Muestra	Fecha	Afluente (NMP/100ml)	Efluente	Eficiencia (%)
1	15/02/2022	1 050,00	120,00	88,57
2	22/02/2022	1 077,00	150,00	86,07
3	1/03/2022	1 083,00	120,00	88,92
4	8/03/2022	1 101,00	145,00	86,83
Promedio		1 077,75	133,75	87,60

Respecto a los Coliformes fecales se obtuvo un valor promedio en el afluente de 1077,75 NMP/100ml, por otro lado, en el efluente obtuvimos un valor de 133,75 NMP/100ml. Teniendo como eficiencia promedio del tratamiento 87,60%.

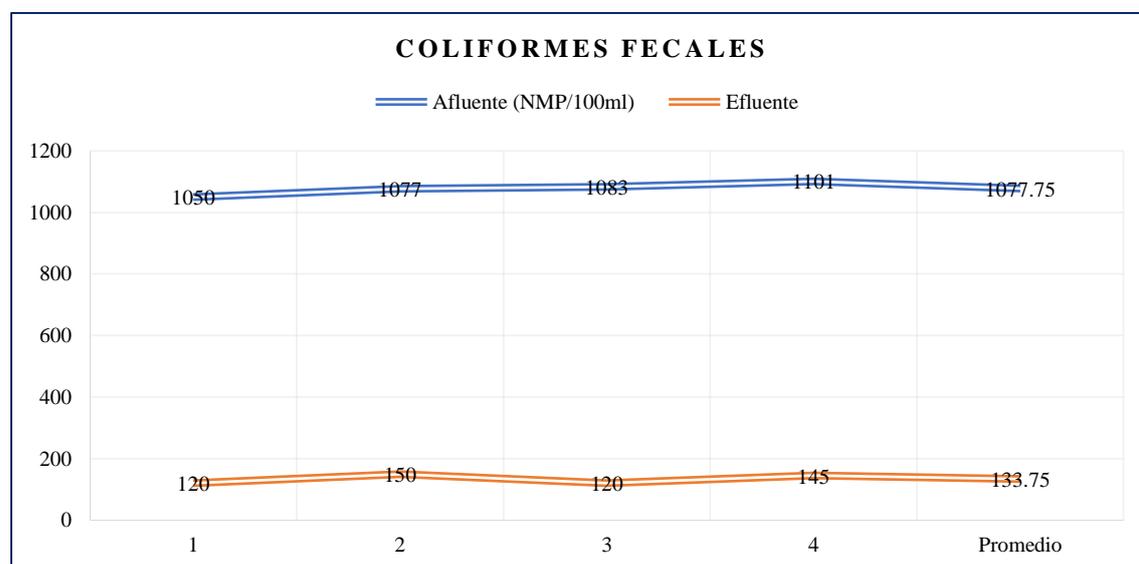


Figura 8. Coliformes fecales

De la figura se puede deducir que existe una variación entre los datos tomados pre y post tratamiento para el parámetro Coliformes Fecales. Lo cual, es un resultado favorable, debido a que se cuenta con una eficiencia promedio de 87,60%. Este resultado nos indica que el biodigestor está siendo muy eficiente con respecto a este parámetro.

g) Oxígeno disuelto

Tabla 20

Eficiencia de tratamiento en el Oxígeno disuelto

Muestra	Fecha	Afluente (mg/l)	Efluente	Eficiencia
1	15/02/2022	1,61	3,08	191%
2	22/02/2022	1,47	4,12	280%
3	1/03/2022	1,52	4,17	274%
4	8/03/2022	1,55	5,11	330%
Promedio		1,54	4,12	269%

Respecto al Oxígeno Disuelto se obtuvo un valor promedio en el afluente de 1,54 mg/l, por otro lado, en el efluente obtuvimos un valor de 4,12 mg/l. Logrando una eficiencia promedio del 269%.

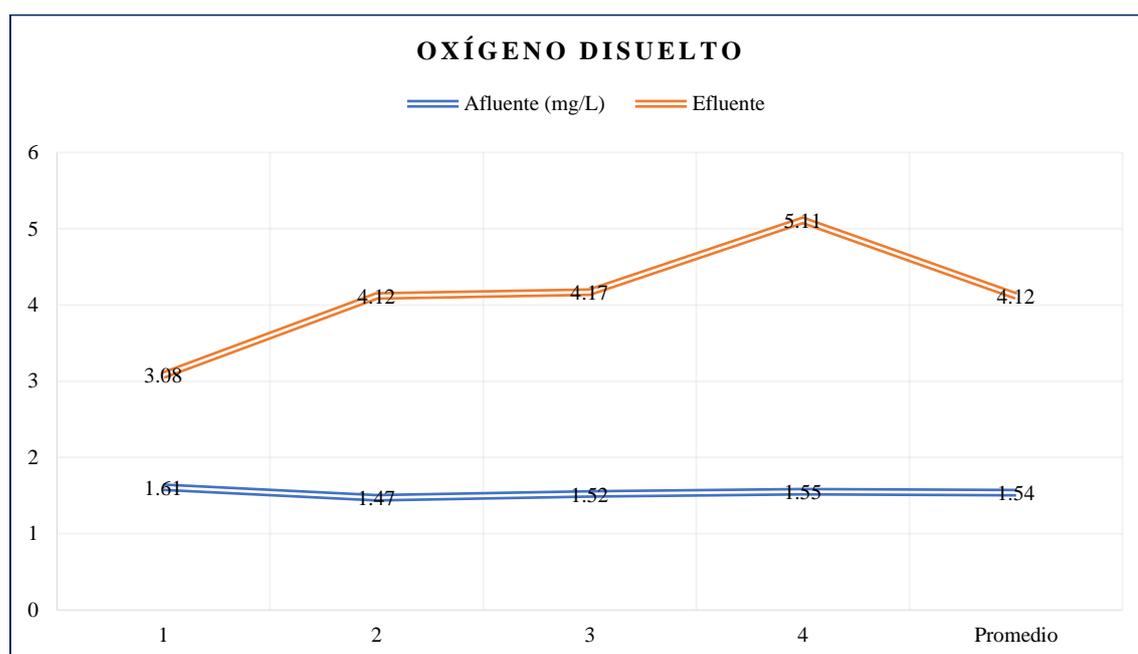


Figura 9. Oxígeno disuelto

A continuación, se puede observar la variación existente de los datos tomados pre y post tratamiento para el parámetro Oxígeno Disuelto. Representado por una eficiencia promedio de 269%, lo cual nos indica que el tratamiento con el biodigestor no está resultando muy eficiente con respecto a este parámetro.

h) Fosfatos

Tabla 21

Eficiencia de tratamiento en los Fosfatos

Muestra	Fecha	Afluente (mg/l)	Efluente	Eficiencia
1	15/02/2022	17,44	12,95	26%
2	22/02/2022	17,75	12,1	32%
3	1/03/2022	17,44	12,85	26%
4	8/03/2022	17,14	12,94	25%
Promedio		17,44	12,71	27%

Si hablamos de Fosfatos, en este parámetro se obtuvo un valor promedio en el afluente de 17,44 mg/l, por otro lado, en el efluente obtuvimos un valor de 12,71 mg/l. Teniendo como eficiencia promedio del tratamiento 27%.

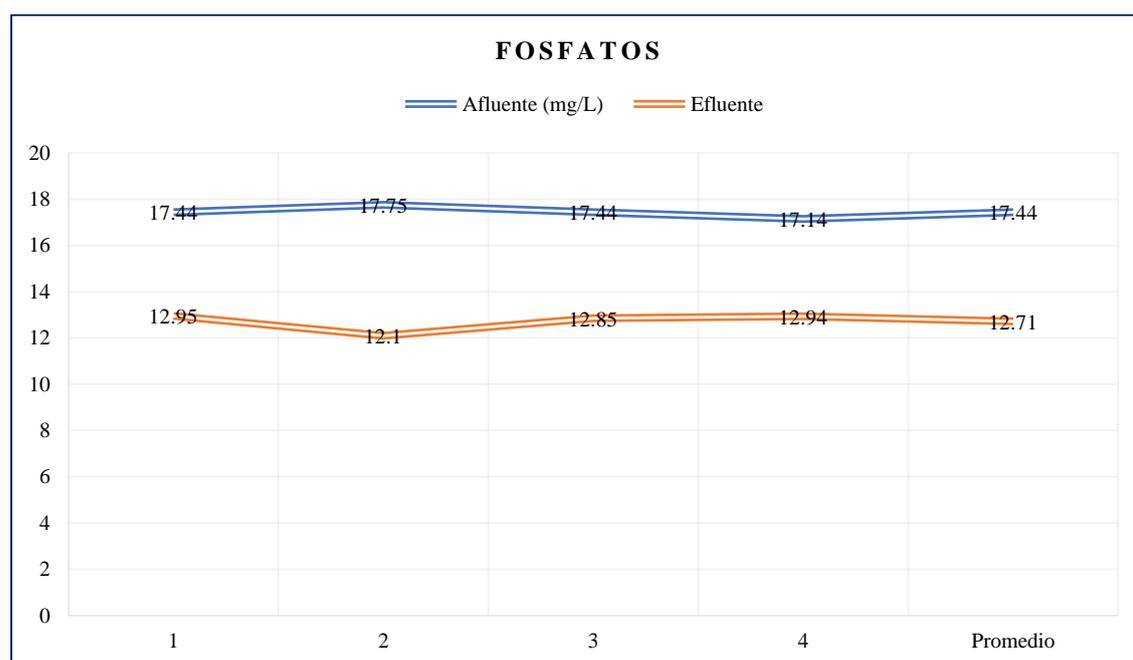


Figura 10. Fosfatos

De la figura se puede deducir que existe una variación ligera entre los datos tomados pre y post tratamiento para el parámetro Fosfatos. Lo cual, es un resultado no favorable, debido a que se cuenta con una eficiencia promedio de 27%. Este resultado nos indica que el biodigestor no está siendo muy eficiente en el tratamiento con respecto a este parámetro.

i) Determinación de lodos

A raíz del proceso se obtuvo en los primeros minutos una cantidad de aproximadamente dos litros, caracterizada principalmente por una viscosidad leve. Una vez que el rodillo se pone en marcha, los lodos ubicados en el fondo del biodigestor fueron expulsados y una vez terminado el proceso se observó la eliminación del lodo fluidificado.

Eficiencia final del biodigestor Comercial

Tabla 22

Eficiencia final del BDC600

Remoción	
DBO	51.48%
DQO	46%
SST	52.84%
pH	Estabilizado
Temperatura	Estabilizado
Coliformes Fecales	87.60%
Oxígeno disuelto	269%
Fosfatos	27%

Fuente: Manual del Fabricante.

3.4. Discusión de resultados

Los autores **Rodrigo y Vega (2020)**, estudiaron de manera comparativa la efectividad del uso de biodigestores y humedales artificiales en el tratamiento de aguas crudas domésticas. Para lo que obtuvieron que los coliformes fecales, DBO5 y DQO no cumplen con los límites establecidos al usar el biodigestor. Lo cual, apoya los resultados que se obtuvieron en esta investigación, con respecto al tratamiento brindado a las aguas residuales usando un biodigestor.

Calderón (2014) muestra resultados de 88.29 de remoción para Sólidos Totales en Suspensión, mayor a lo que se obtuvo en la presente tesis, debido a que alcanzaron temperaturas mayores de 22 °C, a diferencia de lo que se alcanzó en el presente trabajo con 19°C, confirmando la teoría de que, a elevadas temperaturas, la efectividad del biodigestor aumentará también.

García (2016), propuso el diseño de un biodigestor para el tratamiento de las aguas residuales de la parroquia de Tumbaco, en donde al realizar el análisis de las características del efluente arrojó como resultado una baja en la contaminación, y debido a las condiciones anaeróbicas no generaba mal olor.

Para lo cual, la presenta investigación concuerda con el mencionado autor, ya que, si bien no hubo una reducción abismal de los resultados de cada parámetro, si se dio una reducción de la carga contaminante presente en el agua y a su vez no generaba malos olores.

CONCLUSIONES

Los porcentajes de eficiencia de remoción que promete el biodigestor comercial, en el tratamiento de las aguas residuales domésticas son: DBO 94%, DQO 88%, Grasas y aceites 93%, Sólidos sedimentales 98% y un pH estabilizado.

Los resultados de la caracterización física, química y biológica de las aguas residuales domésticas, arrojaron los siguientes promedios en cuanto a los parámetros analizados en la primera etapa del proceso preliminar : DBO - 338.5 mg/l; DQO – 746,25 mg/l; SST – 156,5 mg/l; pH – 8,05; Temperatura – 20,5 °C; Coliformes Fecales (termotolerantes) – 1077,75 NMP/100ml; Oxígeno Disuelto – 1,54 mg/l y Fosfatos – 17,44 mg/l, lo cual indica presencia elevada de la gran mayoría de parámetros en la primera etapa del proceso preliminar. A diferencia del pH y la temperatura, los cuales si se encuentran dentro de los límites máximos permisibles

Se determinaron los resultados de eficiencia de remoción una vez aplicado el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la primera etapa del proceso preliminar, para lo cual se obtuvo lo siguiente: DBO – 51,48%, DQO – 46%, Sólidos en Suspensión Totales – 52,84%, Coliformes Fecales (termotolerantes) – 87,60%, Oxígeno Disuelto – 269%, Fosfatos – 27%. Concluyendo que con respecto a los parámetros DBO, DQO, SST y Fosfatos, el biodigestor no cumple con lo especificado, debido a que las aguas residuales tratadas no recibieron un tratamiento complementario.

Con respecto a la extracción de lodos se obtuvo la eliminación del lodo fluidificado al final del proceso de tratamiento.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar investigaciones más a fondo acerca del tratamiento de aguas residuales domésticas usando biodigestores, instalándolos en diferentes sectores, con el fin de analizar la variación de los parámetros, los cuales pueden incidir directamente en el tratamiento, debido a que en la actualidad no se cuenta con mucha información.

Se recomienda efectuar el análisis y caracterización de las aguas residuales con el fin de determinar si estas pueden ser destinadas al riego de plantas y a su vez estudiar y considerar aprovechar los lodos como abono.

Se recomienda brindar capacitaciones periódicas a los operarios encargados del mantenimiento del biodigestor, para enseñanza de las actividades, el equipo necesario, la regularidad de limpieza, muestreos y análisis. Todo esto con el fin de asegurar el buen funcionamiento del biodigestor y resultados precisos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUATECNIA. (2017). *Cómo es el tratamiento de aguas residuales domésticas*.
<https://acuatecnica.com/tratamiento-aguas-residuales-domesticas-2/>.
- BONILLA, L. (2017). *Tratamiento de aguas residuales producto de textiles con carbon activado*. Primera ed. Guayaquil-Ecuador: s.n. ISBN 978-9942-760-71-5.
http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/79/1/LIBROagua_residualcorr egido.pdf.
- COLLASOS, D. Y VARGAS, L. (2019). *Aprovechamiento Energético De Los Residuos Orgánicos Del Camal Municipal De Jaén – Perú Orgánicos Del Camal Municipal De Jaén – Perú*. Universidad Nacional de Jaen.
http://repositorio.unj.edu.pe/jspui/bitstream/UNJ/224/1/Collasos_CD_Vargas_PLE.pdf.
- CUBILLOS, D. Y HUERTAS, D. (2018). *Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica de un biodigestor tubular anaerobio a escala piloto para el tratamiento de aguas residuales porcinas en la Institución Educativa Agrícola Guacavia, Cumaral-Meta*. Tesis de grado. Universidad de Santo Tomás. Disponible en:
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15536/2019dayanacubillos.pdf?sequence=8&isAllowed=y>.
- CUNÍ, B. (2011). *Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestores para el sector cooperativo y campesino*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 20, no. 2, pp. 37-41. ISSN 2071-0054.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2071-00542011000200007
- DOMINGUEZ, L. Y ROJAS, K. (2019). *Eficacia de los biodigestores autolimpiables en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS - AH) en el tratamiento de aguas residuales domésticas, Huando*. Tesis para obtención del título

- profesional. Universidad Nacional de Huancavelica.
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2986>.
- ECOINVENTOS. (2020). *Clasificación de Biodigestores*.
<https://ecoinventos.com/clasificacion-de-biodigestores/>.
- FAO, MINENERGIA, PNUD y GEF. (2011). *Manual del Biogás*. Proyecto CHI/00/G32, pp. 120. ISSN 08628408. <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>.
- GARCIA, G. (2016). *Diseño de un biodigestor para el mejoramiento de las aguas residuales en la parroquia de Tumbaco ejemplificando en los barrios Tola Chica, Tola Grande y Santa Rosa*. Tesis para obtención del título profesional. Universidad de San Francisco de Quito.
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5449/1/124462.pdf>.
- GENERATE.PRESS. (2020). *Tratamiento de aguas residuales domésticas*.
<https://tratamientodeaguasresiduales.net/tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas/>.
- GONZÁLEZ, E., JURADO, P. Y GÓMEZ, L. (2017). *Sustratos y producción de biogás en biodigestores*. Ingeciencia, vol. 2, no. 1, pp. 44-64.
http://editorial.ucentral.edu.co/ojs_uc/index.php/Ingeciencia/article/view/2352
- METCALF & EDDY. (1995). *Ingeniería de Aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*. Tercera edición. Madrid - España: McGraw - Hill.
- OEFA. (2014). *El OEFA advierte problemática ambiental por déficit de tratamiento de las aguas residuales a nivel nacional*. <https://www.oefa.gob.pe/el-oefa-advierte-problematika-ambiental-por-deficit-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales-a-nivel-nacional/ocac07/#:~:text=Uno de los principales problemas,población urbana en el Perú.>
- OMS. (2021). *Guías de la OMS para la calidad del agua potable*.
https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/es/.

- OSORIO, S., JAIRO, A., CIRO, V., HÉCTOR, J. Y GONZÁLEZ, H. (2007). *Evaluación de un sistema de biodigestión en serie para clima frío*. Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914078017>
- RIOS, J. Y CISNEROS, L. (2019). *Eficiencia de un Biodigestor en el Tratamiento de Agua Residual Domestica a nivel familiar en la Asociación "los Víquez" Carapongo - Lurigancho Chosica Lima*. Tesis para obtención del título profesional. Universidad Peruana Unión. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1815/Jennifer_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y.
- ROMERO, M., COLIN, A., SANCHEZ, E. Y ORTIZ, M. (2009). *Revista internacional de contaminación ambiental*. Rev. Int. Contam. Ambient, vol. 25, no. 3, pp. 157-167. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S018849992009000300004&lng=es&nrm=iso.
- ROTOPLAS. (2017). *Biodigestor Rotoplas*. pp. 17. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5068/ANEXO G. BIODIGESTOR ROTOPLAS.pdf?sequence=8&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5068/ANEXO_G_BIODIGESTOR_ROTOPLAS.pdf?sequence=8&isAllowed=y).
- Sánchez, M., Peón, I., Cardona, T., Ortega, L., Y Urriolagoitia, G. (2016). *Evaluación inicial de parámetros de campo en un biodigestor anaeróbico para el tratamiento de aguas residuales*. Revista Colombiana de Biotecnología,. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.57725>
- SANCHEZ, M. (2017). *Las aguas residuales en Perú, realidad al 2017*. <https://www.iagua.es/blogs/maria-sanchez-montes/aguas-residuales-peru-costo-improvisacion>.
- SPDA. (2015). *San Martín: aguas residuales contaminan ríos Shilcayo y Cumbaza. Junio 2015*. <https://www.actualidadambiental.pe/san-martin-aguas-residuales-contaminan-rios-shilcayo-y-cumbaza/#:~:text=San Martín%3A aguas residuales contaminan ríos Shilcayo y Cumbaza&text=La Autoridad Nacional del Agua,los>

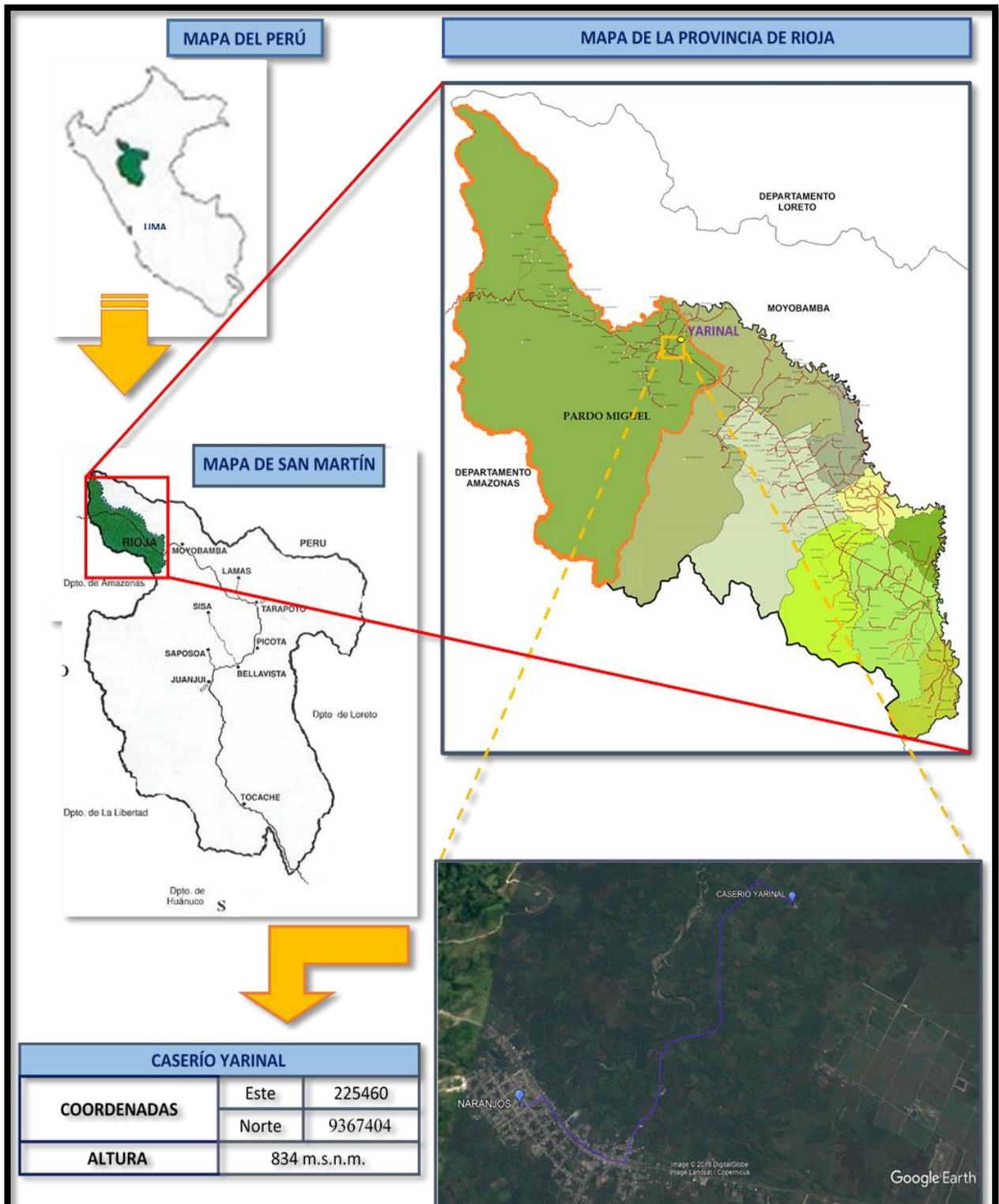
estándares de calidad ambiental.

TAVIZÓN, E. (2010). *Diseño de un biodigestor para desechos orgánicos de origen vegetal*. Centro de Investigación de materiales avanzados. <http://mwm.cimav.edu.mx/wp-content/uploads/2015/04/Tesis-Tavizon-Alvarado-Eva-Patricia.pdf>.

VILLANUEVA, A. Y FLORES, H. (2013). *Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México*. Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=499051554003>

ANEXOS

Anexo 1: Mapa de Ubicación del Are de Estudio



Anexo 2: Rollo fotográfico



Fotografía 1: Haciendo caja de registro de salida de biodigestor, para recolección de muestras de agua.



Fotografía 2: Caja de registro de salida de biodigestor, para recolección de muestras de agua tratada.



Fotografía 3: recolección de muestras de agua antes y después del biodigestor.



Fotografía 4: Rotulado de muestras recolectadas.



Fotografía 5: Analizando los parámetros de agua residual.



Fotografía 6: Analizando parámetros de agua residual en el laboratorio de la facultad de ecología.

Anexo 3: Análisis microbiológico


San Martín
 GOBIERNO REGIONAL

OFICINA DE GESTIÓN DE SERVICIOS DE SALUD ALTO MAYO
HOSPITAL II-1 MOYOBAMBA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS Y AGUAS

INFORME DE ENSAYO N° 060 - 2022- LCCAYA-HOSP.MINSA. II-1.MOY.

I.- DEL SOLICITANTE: Sr. Jhony Silva Flores.

Dirección : Jr. 20 de abril N° 168 - Moyobamba – San Martín.

Motivo del ensayo : Proyecto de tesis de investigación.

II.- DATOS DEL MUESTREO:

Localidad : Naranjos

Fecha/Hora de muestreo: 03 - 03 - 2022; 07:40 a.m.

Distrito : Pardo Miguel

Fecha/Hora de recepción en el Lab. 03 - 03 - 2022 - 11:07 a.m.

Provincia : Rioja

Fecha de inicio del análisis: 03 - 03 - 2022.

Departamento: San Martín

Cantidad de muestra: 01 Fscs. de vidrio estéril por 500 ml. aprox.

Muestra tomada por: Interesado: Bach. Jhony Silva Flores.

Fin de ensayo: 08 - 03 - 2022.

III.- RESULTADOS:

COD. LAB.	ENSAYOS	UNIDADES	RESULTADO
060	Coliformes Fecales (44.5 ± 0.2°C)	NMP/100 ml	13 x 10 ⁵
MATRIZ DE LA FUENTE	<i>Escherichia coli</i> (44.5 ± 0.2°C)	NMP/100 ml	49 x 10 ⁴
ORIGEN DE LA FUENTE			
AGUA RESIDUAL	QUEBRADA AZUNGUÉ	CAJA DE REGISTRO SALIDA DEL BIODIGESTOR UBS	



MÉTODOS DE ENSAYO EMPLEADOS	Coliformes Fecales: APHA. AWWA. WEF. Part.9221 E. Ed.23. 2017. Escherichia coli: APHA. AWWA. WEF. Part.9221 F1. Ed.23. 2017.
DOCUMENTO DE REFERENCIA	Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales APHA.AWWA.WEF. Ed.23.2017.

IV.- OBSERVACIONES: La muestra analizada presenta contaminación bacteriológica. Dependiendo del uso destinado para este tipo de agua, se sugiere el tratamiento respectivo.

Emisión de resultados: Moyobamba, 08 de marzo del 2022.



MINISTERIO DE SALUD
HOSPITAL II-1 MOYOBAMBA
 Dr. Jhony Vera Valencia Gardini
 Responsable del Laboratorio de Calidad de Alimentos y Aguas



San Martín GOBIERNO REGIONAL

OFICINA DE GESTIÓN DE SERVICIOS DE SALUD ALTO MAYO HOSPITAL II-1 MOYOBAMBA LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS Y AGUAS

INFORME DE ENSAYO Nº 059 - 2022- LCCAYA-HOSP.MINSA. II-1.MOY.

I.- DEL SOLICITANTE: Sr. Jhony Silva Flores.

Dirección : Jr. 20 de abril Nº 168 - Moyobamba - San Martín.

Motivo del ensayo : Proyecto de tesis de investigación.

II.- DATOS DEL MUESTREO:

Localidad : Naranjos

Fecha/Hora de muestreo: 03 - 03 - 2022; 07:39 a.m.

Distrito : Rector Miguel

Fecha/Hora de recepción en el Lab.03 - 03 - 2022 - 11:07 a.m.

Provincia : Rioja

Fecha de inicio del análisis: 03 - 03 - 2022.

Departamento: San Martín

Cantidad de muestra: 01 FSCO. de vidrio estéril por 500 ml. aprox.

Muestra tomada por: Interesado: Bach. Jhony Silva Flores.

Fin de ensayo: 08 - 03 - 2022

III.- RESULTADOS:

Table with 4 columns: COD. LAB., ENSAYOS, UNIDADES, RESULTADO. Row 1: 059, Coliformes Fecales (44.5 ± 0.2°C), NMP/100 ml, 13 x 10^5. Row 2: Escherichia coli (44.5 ± 0.2°C), NMP/100 ml, 46 x 10^4.



Table with 2 columns: MÉTODOS DE ENSAYO EMPLEADOS, DOCUMENTO DE REFERENCIA. Row 1: Coliformes Fecales: APHA. AWWA. WEF. Part.9221 E. Ed.23. 2017. Escherichia coli: APHA. AWWA. WEF. Part.9221 F1. Ed.23. 2017. Row 2: Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales APHA.AWWA.WEF. Ed.23.2017.

IV.- OBSERVACIONES: La muestra analizada presenta contaminación bacteriológica. Dependiendo del uso destinado para este tipo de agua, se sugiere el tratamiento respectivo.

Emisión de resultados: Moyobamba, 08 de marzo del 2022.



MINISTERIO DE SALUD HOSPITAL II-1 MOYOBAMBA Responsable del Lab. Control de Calidad de Alimentos y Aguas

Anexo 4: Límites Máximos Permisibles (LMP) para vertidos a cuerpos de agua.

El Peruano
Lima, miércoles 17 de marzo de 2010



NORMAS LEGALES

415675

de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.

Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN
Presidente del Consejo de Ministros

469446-6

AMBIENTE

Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2010-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,

implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

Artículo 2°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permisible (LMP):** Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo:** Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

Artículo 4°.- Programa de Monitoreo

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

Artículo 5°.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

Artículo 6°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

Artículo 7°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
 Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
 Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO
 Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales Suspensión	en mL/L	150
Temperatura	°C	<35

469446-2

Designan responsable de brindar información pública y del contenido del portal de internet institucional del Ministerio

RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 036-2010-MINAM

Lima, 16 de marzo de 2010

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013, se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

Que, la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, cuyo Texto Único Ordenado fue aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM, tiene por finalidad promover la transparencia de los actos del Estado y regular el derecho fundamental del acceso a la información consagrado en el numeral 5 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú;

Que, el artículo 3° de la citada Ley, señala que el Estado tiene la obligación de entregar la información que demanden las personas en aplicación del principio de publicidad, para cuyo efecto se designa al funcionario responsable de entregar la información solicitada;

Que, asimismo, de acuerdo a lo previsto en el artículo 5° de la mencionada Ley, las Entidades Públicas deben identificar al funcionario responsable de la elaboración de los Portales de Internet;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 070-2008-MINAM, se designó a la señorita Cristina Miranda Beas, como funcionaria responsable de brindar información que demanden las personas, y responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet del Ministerio del Ambiente;

Que, por razones del servicio y considerando la renuncia al cargo que desempeñaba en el Ministerio del Ambiente la servidora citada en el considerando precedente, resulta necesario designar al personal responsable de brindar información en el marco de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública y responsable del Portal de Internet Institucional;

Con el visado de la Secretaría General y de la Oficina de Asesoría Jurídica; y

De conformidad con lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM; y el Decreto Supremo N° 007-2008-MINAM que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Designar al abogado Hugo Milko Ortega Polar como Responsable de brindar la información pública del Ministerio del Ambiente y Responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet Institucional, de conformidad con el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM.

Artículo 2°.- Todos los órganos del Ministerio del Ambiente, bajo responsabilidad, deberán facilitar la información y/o documentación que les sea solicitada como consecuencia de lo dispuesto en el artículo precedente, dentro de los plazos establecidos en la normatividad vigente.

Artículo 3°.- Disponer que la presente Resolución se publique en el Diario Oficial El Peruano y en Portal de Internet del Ministerio del Ambiente.

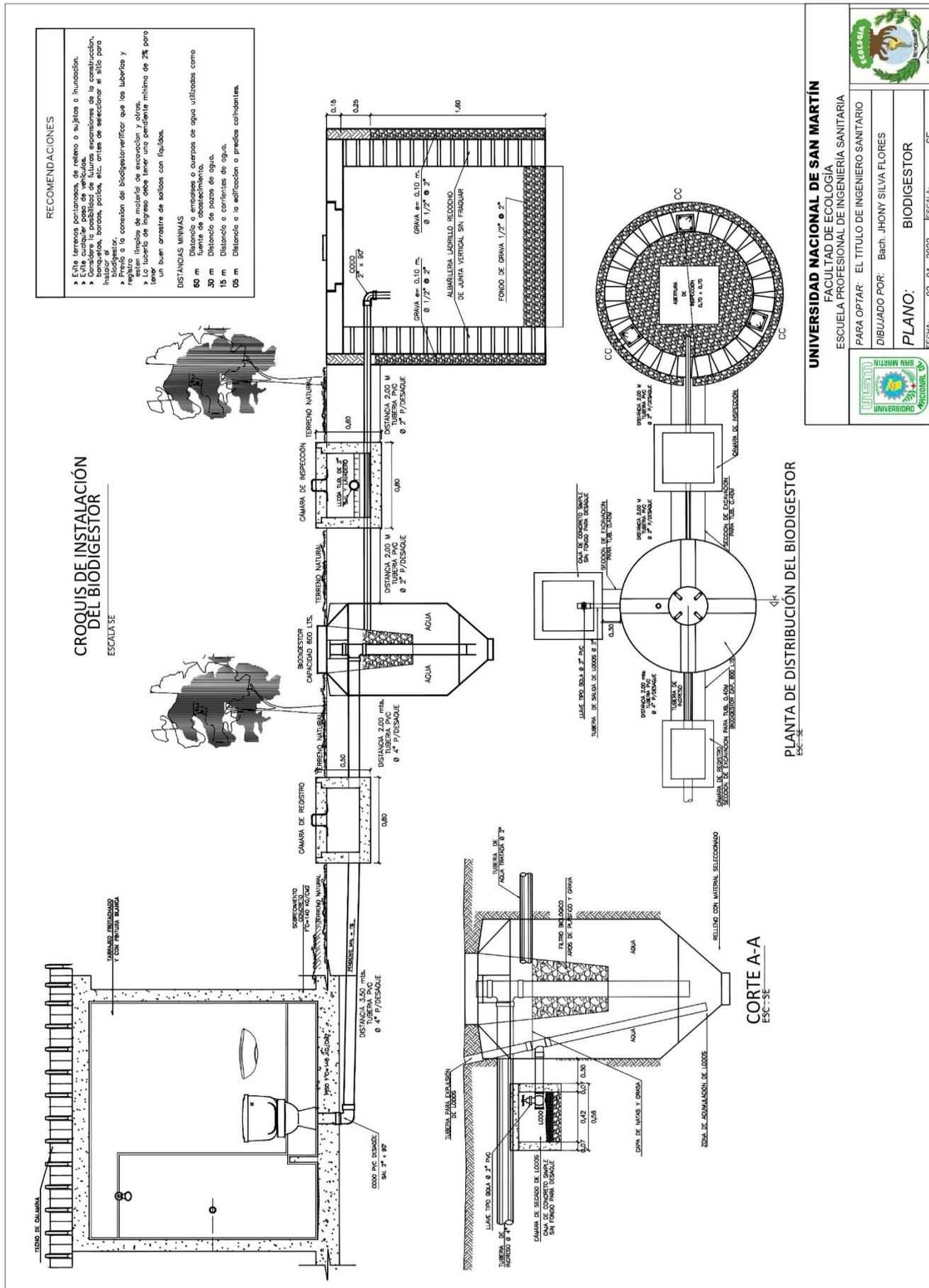
Artículo 4°.- Notificar la presente Resolución a todos los órganos del Ministerio del Ambiente, al Órgano de Control Institucional y al responsable designado.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
 Ministro del Ambiente

469445-1

Anexo 5: Plano y Detalles de Biodigestor.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
 FACULTAD DE ECOLOGÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

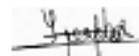
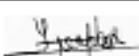
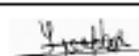
PARA OPTAR: EL TÍTULO DE INGENIERO SANITARIO
 DIBUJADO POR: Bach. JHONY SILVA FLORES

PLANO: BIODIGESTOR

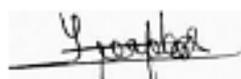
FECHA: 02 - 01 - 2022 ESCALA: SE

Anexo 6: Ficha de registro de asistencia al laboratorio.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
FACULTAD DE ECOLOGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA
REGISTRO DE ASISTENCIA AL LABORATORIO

Fecha	Hora de entrada	Hora de salida	Nombre usuario del laboratorio	Firma responsable del laboratorio
15/02/2022	3:00 pm	7:30 pm	Jhony Silva Flores	
22/02/2022	2:00 pm	7:00 pm	Jhony Silva Flores	
1/03/2022	3:00 pm	8:00 pm	Jhony Silva Flores	
8/03/2022	2:00 pm	7:00 pm	Jhony Silva Flores	

Atte:



Ing Yrwin Francisco Azabache Liza

Evaluación de la eficiencia del biodigestor comercial en el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias

por Jhony Silva Flores

Fecha de entrega: 05-ene-2023 08:12a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1988830029

Nombre del archivo: Ing._Sanitaria_-_Jhony_Silva_Flores_3.docx (18.16M)

Total de palabras: 9152

Total de caracteres: 50766

Evaluación de la eficiencia del biodigestor comercial en el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

3%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.upeu.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

5

vbook.pub

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

biblioteca.usac.edu.gt

Fuente de Internet

1%

9

worldwidescience.org

Fuente de Internet