



DOI: DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4>

Ciencias Naturales
Artículo de Investigación

Sistema de tratamiento para lodos recolectados por el vehículo hidro succionador en la empresa de agua potable y alcantarillado del municipio de Guaranda

Treatment system for sludge collected by the hydro suction vehicle in the drinking water and sewerage company of the municipality of Guaranda

Sistema de tratamento de lodo coletado pelo veículo de hidro sucção na empresa de água potável e esgoto do município de Guaranda

José Gerardo León-Chimbolema ^I
gerardo.leon@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9202-8542>

Sofía Carolina Godoy-Ponce ^{II}
sofia.godoy@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6479-4343>

Hernán Patricio Tixi-Toapanta ^{III}
htixi@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9462-7052>

Correspondencia: gerardo.leon@esPOCH.edu.ec

***Recibido:** 22 de diciembre de 2022 ***Aceptado:** 31 de enero de 2023 * **Publicado:** 28 de febrero de 2023

- I. Escuela Doctor en Química, Máster en protección Ambiental, Docente investigador Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- II. Ingeniera en Biotecnología Ambiental, Máster Universitario en Gestión Ambiental y Energética en las Organizaciones, Magister en Gestión del Desarrollo Local Comunitario, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.
- III. Doctor en Química, Docente Investigador Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.

Sistema de tratamiento para lodos recolectados por el vehículo hidro succionador en la empresa de agua potable y alcantarillado del municipio de Guaranda

Resumen

Introducción: Es preciso conseguir que todas las masas de agua ya sean superficiales y subterráneas del país recobre su salud, dado que muchos de estos cuerpos de agua apoyan a la calidad de vida de la población, estas aguas residuales, de origen urbano, industrial y agrícola que contaminan y perjudican más allá de su capacidad natural de purificación, y su mala eliminación, pasan a ser un potencial vector de enfermedades de origen hídrico, como es la disentería, el cólera, la fiebre tifoidea causadas por bacterias del grupo entérico. **Objetivo:** Estudiar el beneficio del sistema de tratamiento de residuos semisólidos conocidos como lodos que se encuentran en el agua residual que es recolectada por el vehículo hidro succionador de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda. **Metodología:** Revisión bibliográfica de investigaciones cuantitativas que contengan información sobre sistemas de tratamiento de lodos residuales y su efectividad en la descontaminación y posterior uso, en contraste con la situación de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda como base del estudio. **Resultados:** Pasando desde la primera hasta la última caracterización hubo una remoción del 99% del contenido total en cuanto a la parte biológica la cual es representada por la cantidad de coliformes fecales que se encuentran presentes en el lodo, así como de metales pesados. **Conclusión:** Se llega a la conclusión que este lodo una vez tratado se lo puede predestinar hacia un uso urbano que favorecerá a las características del terreno donde sea aplicado.

Palabras Claves: Lodos; pruebas de tratabilidad; remoción; aprovechamiento; aguas residuales; medio ambiente.

Summary

Introduction: It is necessary to ensure that all the bodies of water, both surface and underground, in the country recover their health, given that many of these bodies of water s, these wastewaters, of urban, industrial and that pollute and harm beyond their natural purification capacity, and their poor elimination, become a potential vector of diseases of water origin, such as dysentery, cholera, typhoid fever caused by bacteria of the enteric group. **Objective:** To study the benefit of the semi-solid waste treatment system known as sludge found in the residual water that is collected by the hydrosuction vehicle of the Municipal Drinking Water and Sewerage Company of Guaranda. **Methodology:** Bibliographic review of quantitative research that contains information on residual sludge treatment systems and their effectiveness in decontamination and subsequent use, in contrast to the situation of

Sistema de tratamiento para lodos recolectados por el vehículo hidro succionador en la empresa de agua potable y alcantarillado del municipio de Guaranda

the Municipal Drinking Water and Sewerage Company of Guaranda as the basis of the study. **Results:** Going from the first to the last characterization, there was a removal of 99% of the total content in terms of the biological part, which is represented by the amount of fecal coliforms that are present in the sludge, as well as heavy metals. **Conclusion:** The conclusion is reached that this sludge, once treated, can be predestined towards an urban use that will favor the characteristics of the land where it is applied.

Keywords: Sludge, Treatability Tests, Removal, Use, Wastewater, Environment.

upport the quality of life of the population

Resumo

Introdução: É necessário assegurar que todas as massas de água, tanto superficiais como subterrâneas, do país recuperem a sua saúde, dado que muitas destas massas de água suportam a qualidade de vida da população, estas águas residuais, urbanas, industriais e que poluem e prejudicam para além da sua capacidade natural de purificação, e a sua fraca eliminação, tornam-se um vector potencial de doenças de origem hídrica, tais como disenteria, cólera, febre tifóide causada por bactérias do grupo entérico.

Objectivo: Estudar o benefício do sistema de tratamento de resíduos semi-sólidos conhecido como lodo encontrado na água residual que é recolhida pelo veículo de hidrosucção da Companhia Municipal de Água Potável e Esgotos do Guaranda. Metodologia: Revisão bibliográfica da investigação quantitativa que contém informações sobre sistemas de tratamento de lamas residuais e a sua eficácia na descontaminação e posterior utilização, em contraste com a situação da Companhia Municipal de Água Potável e Esgotos do Guaranda como base do estudo. Resultados do estudo: Passando da primeira à última caracterização, houve uma remoção de 99% do conteúdo total em termos da parte biológica, que é representada pela quantidade de coliformes fecais presentes nas lamas, bem como de metais pesados. Conclusão: Conclui-se que esta lama, uma vez tratada, pode ser predestinada para uma utilização urbana que favorecerá as características do terreno onde é aplicada.

Palavras-chave: Lamas, Testes de Tratabilidade, Remoção, Utilização, Águas residuais, Ambiente.

Introducción

Es preciso conseguir que todas las masas de agua ya sean superficiales y subterráneas del país recobre su salud, dado que muchos de estos cuerpos de agua apoyan a la calidad de vida de la población, estas aguas residuales, de origen urbano, industrial y agrícola que contaminan y perjudican más allá de su

Sistema de tratamiento para lodos recolectados por el vehículo hidro succionador en la empresa de agua potable y alcantarillado del municipio de Guaranda

capacidad natural de purificación (Cárdenas Torrado & Molina Pérez, 2022), y su mala eliminación, pasan a ser un potencial vector de enfermedades de origen hídrico, como es la disentería, el cólera, la fiebre tifoidea causadas por bacterias del grupo entérico (Limón, 2013); otras causadas por virus que se encuentran en aguas residuales como la poliomielitis, hepatitis infecciosa y entre muchas otras más, que a más de ser portadora de diferentes patologías sumamente contaminantes también producen malos olores ocasionados por el fraccionamiento de complejos orgánicos que crean gases como resultado del proceso de descomposición, acción tóxica que conllevan estos residuo, afectando así también de forma estética el lugar donde se descargan todos estos desechos y generando lo que se conoce como polución térmica (Amador-Díaz et al., 2015); por consiguiente es imprescindible que reciban un tratamiento correctivo, el cual sea capaz de no solo modificar sus condiciones químicas, microbiológicas y físicas, sino aumentar también la sostenibilidad del uso del agua y eliminar así un vector de las patologías infecciosas. (Mera & Narvaez, 2017)

Para recapitular, los efectos antes descritos sobre el mal tratamiento de las aguas residuales han sido a causa de un pobre coordinación entre los usuarios y las Autoridades responsables del manejo de los desechos y un ineficiente tratamiento que se brinda actualmente a las aguas residuales, (Ministerio del Ambiente, 2015) causando así la sobreexplotación del agua, y ecosistemas completamente polucionados, la degradación del suelo, entre otras más, originando un impacto en el medio ambiente, (Velasco T. et al., 2019) por este motivo se debe encontrar una forma más efectiva y contundente para tratar el agua residual y todos los componentes que esta genera, tomando en cuenta no solo la cantidad y la composición de los residuos, sino también la factibilidad tanto económica como técnica, recordando que los pilares fundamentales para dar tratamiento a las aguas residuales son, primero, eliminar el material flotante y sólidos que se encuentran en la superficie que se encuentren dentro de los límites para que los pueda captar tanto el receptor como el efluente (Castillo et al., 2020), el segundo pilar, llamado tratamiento secundario directamente o se pasa por diferentes procesos de homogeneización o neutralización donde se aplican algunos métodos biológicos convencionales, en cuanto al tercer pilar, los procedimientos que se llevan a cabo tienen el objetivo de suprimir contaminantes que no se lograron eliminar con los anteriores procedimientos señalados anteriormente. (Ferro Rodríguez et al., 2019)

Por su parte, entre los sistemas de alcantarillado existen varios tipos con distintas características y procesos. Los sistemas convencionales o tradicionales recolectan y transportan el agua residual para su disposición final mediante conductos con tubos. (Acosta Slane et al., 2021)

Sistema de tratamiento para lodos recolectados por el vehículo hidro succionador en la empresa de agua potable y alcantarillado del municipio de Guaranda

Y, el sistema no tradicional que son de menor costo y para áreas de menores, como los condominales, que son destinados a viviendas con superficie inferior a 1 hectárea, o los alcantarillados sin arrastre de sólidos que posibilitan el arrastre de aguas residuales de viviendas que han sido acumuladas en pozos sépticos, y son usadas en su gran mayoría en pequeñas comunidades. (Arrocha, 2021)

En el presente estudio se trata el problema, originado en que los residuos semisólidos conocidos como lodos que se encuentran en el agua residual que es recolectada por el vehículo hidro succionador de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, son depositados en uno de los compartimentos de la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales y no reciben ningún tipo de tratamiento previo para su disposición final, afectando a la calidad del suelo donde son depositados y al recurso agua, debido a que estos residuos se dirigen hacia el cauce del río chimbo, que se encuentra a lo largo de la provincia Bolívar, esta problemática con el pasar del tiempo ha venido afectando a la ciudadanía por la generación de malos olores, y la presencia de vectores, que no solo afectan a este sector en específico sino más bien a todo el ambiente.

Metodología

La presente investigación es una revisión bibliográfica, basada en el sistema de tratamiento para lodos recolectados por el vehículo hidro succionador en la empresa de agua potable y alcantarillado del GAD municipal de Guaranda. El nivel de profundización de estudio es la exploratoria descriptiva. Los documentos tomados en cuenta para la redacción de este trabajo de revisión bibliográfica no tienen distinción de idioma; y su búsqueda se fundamentó en el uso de marcadores como: Lodos, aprovechamiento, pruebas de tratabilidad, medio ambiente, aguas residuales.

El mes de julio de 2021 empezó el muestreo de lodos hasta obtener los resultados finales de los análisis el 21 de febrero del presente año, como menciona la (Norma Oficial Mexicana N04-004-SERMANAT-2002, 2003, p. 6-25) el muestreo compone una parte fundamental e integral para valorar la calidad de los lodos y/o biosólidos para su depósito final, es trascendental considerar la selección del sitio del muestreo, su homogeneidad y representatividad de la muestra, su grado de degradación, volumen, tipo de análisis y accesibilidad al sitio seleccionado para el muestreo.

Se analizaron documentos con base nacional e internacional en donde se realizan muestreos con los cuales se establecen los parámetros que tienden a alterarse dentro de un determinado tiempo, por

Sistema de tratamiento para lodos recolectados por el vehículo hidro succionador en la empresa de agua potable y alcantarillado del municipio de Guaranda

consiguiente, se los cuantifica en el mismo lugar como es el cloro, pH, oxígeno disuelto, entre otros. Además, en la preservación y almacenamiento de muestras se utilizan procesos ordenados como:

- a) Identificación de la muestra
- b) Cantidad de la muestra necesitada/ utilizada
- c) Tipo de muestra
- d) Tipo de análisis a realizar
- e) Información complementaria

Estrategia de búsqueda

Para la recopilación de información se usaron distintas bases bibliográficas como Google Académico, PubMed, Science Direct, y diversos repositorios universitarios en donde se obtuvieron trabajos de titulación con temáticas similares. Se realizó la búsqueda con el uso de las palabras claves y operadores booleanos para mayor efectividad.

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron en este estudio, tesis, artículos de revisión bibliográfica y artículos originales. Los trabajos analizados tenían como metodología diseños experimentales y observacionales que contenían información de interés para esta investigación.

Se excluyeron los estudios con información duplicada, imprecisa o incompleta. Además de publicaciones con más de 10 años de antigüedad.

Resultados y discusión

Posterior al análisis de resultados obtenidos tras el uso del sistema de tratamiento para lodos recolectados por el vehículo hidro succionador en la empresa de agua potable y alcantarillado del GAD municipal de Guaranda se observan varios parámetros expuestos a continuación.

Caracterización final de los lodos

Al finalizar las diferentes pruebas de tratabilidad que se llevaron a cabo, los análisis finales obtenidos del lodo para poder conocer sus características, divididas en una primera y segunda caracterización, en donde se obtuvo lo siguiente:

Sistema de tratamiento para lodos recolectados por el vehículo hidro succionador en la empresa de agua potable y alcantarillado del municipio de Guaranda

Tabla 1: Primera caracterización final de los lodos

Ensayo	Unidad	Resultado	Método/Norma
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5175	Espectrofotométrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	2281	Espectrofotométrico
Coliformes fecales	NMP/ g	< 1500	Fermentación en tubos múltiples
Arsénico	mg/L	0,92	AN-EMAPAG-10
Cadmio	mg/L	4,78	AN-EMAPAG-15
Cobre	mg/L	6,35	AN-EMAPAG-08
Cromo total	mg/L	8,00	AN-EMAPAG-13
Fosfatos	mg/L	9,75	AN-EMAPAG-17
Hierro total	mg/L	6,43	AN-EMAPAG-18
Níquel	mg/L	20,52	AN-EMAPAG-21
Nitratos	mg/L	39,43	AN-EMAPAG-22
Nitritos	mg/L	17,24	AN-EMAPAG-23
Plomo	mg/L	< 21	AN-EMAPAG-28
Zinc	mg/L	36,51	AN-EMAPAG-34
Sólidos totales	mg/L	730	AN-EMAPAG-33

Fuente: Autores, 2022

Tabla 2: Segunda caracterización final de los lodos

Ensayo	Unidad	Resultado	Método/Norma
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	3045	Espectrofotométrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	2187	Espectrofotométrico
Coliformes fecales	NMP/ g	< 1000	Fermentación en tubos múltiples
Arsénico	mg/L	0,92	AN-EMAPAG-10
Cadmio	mg/L	4,78	AN-EMAPAG-15
Cobre	mg/L	6,35	AN-EMAPAG-08
Cromo total	mg/L	8,00	AN-EMAPAG-13
Fosfatos	mg/L	9,75	AN-EMAPAG-17
Hierro total	mg/L	6,43	AN-EMAPAG-18
Níquel	mg/L	20,52	AN-EMAPAG-21
Nitratos	mg/L	39,43	AN-EMAPAG-22
Nitritos	mg/L	17,24	AN-EMAPAG-23
Plomo	mg/L	< 21	AN-EMAPAG-28
Zinc	mg/L	36,51	AN-EMAPAG-34
Sólidos totales	mg/L	900	AN-EMAPAG-33

Fuente: Autores, 2022

Sistema de tratamiento para lodos recolectados por el vehículo hidro succionador en la empresa de agua potable y alcantarillado del municipio de Guaranda

Se observa que algunos de los parámetros obtenidos disminuyeron sus concentraciones, a diferencia de otros que mantuvieron valores altos pasando los límites permisibles, siendo la mayoría de carácter orgánico de modo que se emplearían sus propiedades para la obtención de subproductos de origen orgánico después de ser estabilizados, ya que como se menciona al poseer propiedades orgánicas no suponen un riesgo biológico gracias a la reducción de los agentes tóxicos del lodo y gracias a que su índice de biodegradabilidad confirma que estos productos son altamente biodegradables si son llevados a procesos biológicos y químicos, como se plantea en la propuesta.

De acuerdo con la información obtenidas en varias fuentes bibliográficas, (González Cedeño, 2019), (Espinoza, 2016), se describen varios sistemas que pueden trabajar de manera óptima en el tratamiento de lodos residuales, estas técnicas para el tratamiento de lodos son diversas, sin embargo, presentan limitaciones bajo la perspectiva económica, técnica y ambiental. (Valverde Calderón, 2018) Actualmente se continúan estudiando procesos convencionales de espesamiento, estabilización y deshidratación de lodos para su tratamiento, procesos que no solo buscan disminuir su volumen, sino eliminar los contaminantes y olores nocivos. (Huamán & Huamán, 2019) No obstante, los procesos basados en espesamiento, en donde se usan equipos giratorios de baja velocidad permiten que los lodos se sedimenten, y esto genera problemas relacionados con malos olores y requerimiento de una mayor área, y, por otra parte, presentan bajo consumo energético lo cual representa mejor proporción económica. (Antone, 2019)

En cuanto a la proporción bacteriológica se observa lo siguiente:

Tabla 3: Tabla comparativa de resultados bacteriológicos

Clases	Indicador Bacteriológico de contaminación	Primera caracterización	Segunda caracterización
		Coliformes fecales NMP/g	
A	Menor de 1000	< 1500	
B	Menor de 1000		< 1000
C	Menor de 2 000 000		

Fuente: Autores, 2022

Sistema de tratamiento para lodos recolectados por el vehículo hidro succionador en la empresa de agua potable y alcantarillado del municipio de Guaranda

Al analizar los resultados biológicos expuestos en la tabla anterior se puede ver una notable disminución de la contaminación bacteriológica, comparando con las primeras pruebas realizadas, por lo cual se podría destinar a usos posteriores.

Porcentaje de remoción de contaminantes

Pasando desde la primera hasta la última caracterización hubo una remoción del 99% del contenido total en cuanto a la parte biológica la cual es representada por la cantidad de coliformes fecales que se encuentran presentes en el lodo, eso se logró aplicando dosis de cloro gas mediante una válvula dosificadora en el procedimiento de acondicionamiento químico. Así como la remoción de metales pesados que va en porcentajes desde el 21 al 60 % de efectividad de remoción.

Tabla 4: Remoción de metales pesados

Parámetro	Caracterización inicial	Caracterización final	% Remoción
Arsénico	2,32	0,92	60
Cadmio	7,32	4,78	35
Cromo	15	8	47
Cobre	8,06	6,35	21
Plomo	30	21	30
Níquel	26,78	20,52	23
Zinc	50,61	36,51	28

Fuente: Autores, 2022

Conclusión

A través de las caracterizaciones del lodo residual recolectado por el vehículo hidro succionador de la E.P. EMAPA-G, se realizó la comparación de los límites permitidos de descarga agua a receptores de cuerpo de agua dulce, en este caso de estudio, el río Chimbo, el cual por ha sido afectado en la actualidad, generando malestar en la ciudadanía, tras este análisis podemos comprobar que algunos parámetros como la demanda química y bioquímica de oxígeno, sólidos totales, metales pesados y coliformes fecales están fuera de los límites permisibles, mientras que el potencial hidrógeno y la temperatura se encuentran en rangos normales.

Por otra parte, en base a la Norma oficial mexicana en cuanto a metales pesados presentes e indicadores biológicos, se observan variaciones con mayor flexibilidad en cuanto a los

Sistema de tratamiento para lodos recolectados por el vehículo hidro succionador en la empresa de agua potable y alcantarillado del municipio de Guaranda

valores de metales presentes, y, bajo esta comparación, ninguno sobrepasa sus límites permisibles, sin embargo, se mantiene fuera de rango los coliformes fecales que son el indicador biológico, esta norma valora las características del lodo con el propósito de ofrecer un tratamiento para su aprovechamiento, por lo cual se llega a la conclusión que este lodo una vez tratado se lo puede predestinar hacia un uso urbano que favorecerá a las características del terreno donde sea aplicado.

Es importante implementar un sistema de tratamiento para lodos residuales para reducir el impacto ambiental causado y evitar la proliferación de enfermedades y malos olores que conlleven a problemas de salud pública y, por lo tanto, mayor gasto municipal y estatal. Así como es preciso realizar caracterizaciones frecuentes a los parámetros relevantes del lodo para saber en qué condiciones se encuentran para realizar procesos de aprovechamiento.

La ciudadanía debe estar informada sobre los procesos de depuración de lodos y su impacto en el medio, así como los usos que se les puede dar posterior a su descontaminación.

Referencias

1. Acosta Slane, D., Valles Aragón, M. C., & Parra Acosta, H. (2021). Los lodos residuales desde la bioética y sustentabilidad. *UNAM*, 9(3), 1–20.
2. Amador-Díaz, A., Veliz-Lorenzo, E., & Bataller-Venta, M. (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 46, 1–10.
3. Antone, A. (2019). Tratamiento de lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar – 2019. In Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/629/1/T026_71393625_T.pdf
4. Arrocha, C. (2021). Caracterización para oportunidad de reúso de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales de una industria de grasas vegetales. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 16(2).
5. Cárdenas Torrado, G., & Molina Pérez, F. J. (2022). Alternativas para tratar lodos originados en sistemas de tratamiento de aguas residuales: una revisión. *Ingeniería*, 27(3), e17945. <https://doi.org/10.14483/23448393.17945>
6. Castillo, J., Balarezo, L., Vines Obando, M., & Zambrano, H. (2020). Alternativas en la estabilización de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales. *Revista Riemat*, 5(1), 23–27.

Sistema de tratamiento para lodos recolectados por el vehículo hidro succionador en la empresa de agua potable y alcantarillado del municipio de Guaranda

7. Espinoza, L. (2016). Sistemas innovadores basados en la naturaleza para el tratamiento de lodos provenientes de una planta de tratamiento de aguas residuales. Universidad Militar Nueva Granada.
8. Ferro Rodríguez, D. E., Castiblanco Rocha, J. C., Agudelo Valencia, R. N., & Ruiz Martínez, L. E. (2019). Evaluación de un sistema de centrifugación para el secado de lodos generados en el tratamiento de aguas residuales en la curtiembre El Escorpión del municipio de Villapinzón, Cundinamarca. *Revista Vínculos*, 16(2), 242–251. <https://doi.org/10.14483/2322939x.15188>
9. Gonzalez Cedeño, G. A. (2019). Elaboracion de Equipo Piloto a Escala para el Tratamiento de Lodos Residuales para Determinar el Porcentaje de Humedad y la Eficiencia del Metodo. Universidad de Guayaquil.
10. Huamán, J., & Huamán, H. (2019). Análisis y tratamiento de lodos residuales generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de Cajabamba para la obtención de compost y ladrillos combustibles. Universidad de Cajamarca.
11. Limón, J. G. (2013). Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso? *Academia de Ingeniería México*, 45. <http://www.ai.org.mx/presentacion/los-lodos-de-las-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-¿problema-o-recurso>
12. Mera, M., & Narvaez, C. (2017). Diseño de obras complementarias para la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales “Brasil” de la ciudad de Tulcán. Universidad Central del Ecuador.
13. Ministerio del Ambiente. (2015). Revisión y actualización de la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Registro Oficial No. 387, 97, 1–40. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>
14. Valverde Calderón, D. A. (2018). Implementación de un sistema de tratamiento anaerobio de lodos en la planta de tratamiento de aguas residuales la Enlozada Arequipa. Universidad Católica de Santa María. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/9224>
15. Velasco T., G., Moncayo S., J., & Chuquer S., D. (2019). Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta. *InfoANALÍTICA*, 7(1), 27–39. <https://doi.org/10.26807/ia.v7i1.93>