

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Remoción de materia orgánica del agua residual municipal
mediante un prototipo de lodos activados en la ciudad de Tarapoto**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores:

Luis Fernando Romero Domínguez
Fernando Chong Rojas

Asesor:

Mtro. Carmelino Almestar Villegas

Tarapoto, septiembre de 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Mtro. Carmelino Almestar Villegas, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“REMOCION DE MATERIA ORGANICA DEL AGUA RESIDUAL MUNICIPAL MEDIANTE UN PROTOTIPO DE LODOS ACTIVADOS EN LA CIUDAD DE TARAPOTO”** de los autores Luis Fernando Romero Domínguez, Fernando Chong Rojas tiene un índice de similitud de 16 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 18 días del mes de marzo del año 2024



Mtro. Carmelino Almestar Villegas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a 08 día(s) del mes de setiembre del año 2023, siendo las 08:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtra. Betsabeth Padilla Macedo, el (la) secretario(a): Ing. Seyei Rengifo Arévalo y los demás miembros: Mtro. Ricky Bray Saavedra Mego y Ing. Ericka Nayda Perales Domínguez y el (la) asesor(a) Mtro. Carmelino Almaraz Villegas con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: **Remoción de materia orgánica del agua residual municipal mediante un prototipo de todos activados en la ciudad de Tarapoto**

del(los) bachiller(es): a) Luis Fernando Romero Domínguez

b) Fernando Chong Rojas

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Luis Fernando Romero Domínguez

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	15	B-	Bueno	Muy Bueno

Bachiller -(b): Fernando Chong Rojas

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	15	B-	Bueno	Muy Bueno

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

() Ver parte posterior*

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a



Asesor/a

Secretario/a



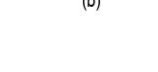
Miembro

Miembro

Bachiller (a)



Bachiller (b)



Bachiller (c)



Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar la eficiencia de remoción de materia orgánica del agua residual municipal de la ciudad de Tarapoto mediante un sistema de lodos activados. Los reactores fueron recipientes rectangulares de vidrio con las siguientes dimensiones: Largo (22 cm), ancho (22 cm) y altura (13 cm) y un volumen útil de 2 L de agua residual municipal. Cada reactor estuvo conectado a un aireador que suministró una concentración de 2 mg/L de oxígeno. Los valores de DBO y DQO del agua residual sin tratamiento fueron respectivamente 226,8 mg/L y 521,6 mg/L, dichos valores no cumplieron el LMP del D.S. 003-2010-MINAM. Asimismo, después del tratamiento, en los tres reactores se encontró un valor menor al LMP de la DBO, con un valor promedio de 41,8 mg/L. De igual manera en los tres reactores la DQO fue menor al LMP, con un valor promedio de 111,3 mg/L. En cuanto al pH y temperatura, en los tres reactores se obtuvo valores que cumplieron el LMP. Asimismo, se encontró una mayor eficiencia de remoción de la DBO con un valor de 81,6% mientras que para la DQO fue del 78,7%. Se concluye que la tecnología de lodos activados es eficiente en la remoción de carga orgánica del agua residual. Asimismo, este efluente puede ser reutilizado para fines agrícolas y riego de jardines debido ya que tanto la DBO cumple con el ECA del D.S 004-2017 categoría 3.

Palabras clave: Carga orgánica, efluentes, fangos activos

Abstract

The objective of the study was to evaluate the efficiency of removal of organic matter from the municipal wastewater of the city of Tarapoto by means of an activated sludge system. The reactors were rectangular glass containers with the following dimensions: length (22 cm), width (22 cm) and height (13 cm) and a useful volume of 2 L of municipal wastewater. Each reactor was connected to an aerator that supplied a concentration of 2 mg/L of oxygen. The BOD and COD values of the residual water without treatment were respectively 226.8 mg/L and 521.6 mg/L, these values did not comply with the LMP of the D.S. 003-2010-MINAM. Likewise, after the treatment, in the three reactors a value lower than the LMP of the BOD was found, with an average value of 41.8 mg/L. In the same way, in the three reactors, the COD was lower than the LMP, with an average value of 111.3 mg/L. Regarding the pH and temperature, in the three reactors values that met the LMP were obtained. Likewise, a higher BOD removal efficiency was found with a value of 81.6% while for COD it was 78.7%. It is concluded that the activated sludge technology is efficient in the removal of organic load from wastewater. Likewise, this effluent can be reused for agricultural purposes and garden irrigation since both the BOD complies with the ECA of D.S 004-2017 category 3.

Key words: Organic load, effluents, activated sludge

1. Introducción

La inexistencia de un adecuado sistema de recolección y tratamiento de efluentes genera problemas ambientales y de salud pública que traen molestias a las personas. Otra razón importante para tratar los efluentes líquidos es el cuidado de la naturaleza, evitando la contaminación del suelo, aguas superficiales y subterráneas (Barros, 2021). Los efluentes municipales, están constituidos por el agua que ha sido utilizada en las diversas actividades domiciliarias y comerciales, y que sigue arrastrando diversos contaminantes, ya sean físicos, químicos o biológicos. Los destinos más probables de los efluentes no tratados son los cuerpos

hídricos, provocando la contaminación de nuestros recursos hídricos (Loureiro, 2015). Existen diversas alternativas para el tratamiento de efluentes, entre ellos están los procesos biológicos, los cuales utilizan organismos vivos para estabilizar la materia orgánica.

La aplicación de microorganismos para la descontaminación de efluentes tiene el propósito de estabilizar la materia orgánica de forma eficiente. Entre los procesos biológicos, el sistema de lodos activados es el más utilizado por su alta eficiencia (Tech, 2019). Asimismo, el proceso de lodos activados es la tecnología de tratamiento biológico de aguas residuales más aplicada que involucra microorganismos en la eliminación de contaminantes, materia orgánica y nitrógeno (Kokina et al., 2022).

Por otro lado, en la región San Martín, solamente se trata el 4% de las aguas residuales municipales, es decir hay una brecha enorme en cuanto a la descontaminación de efluentes (INEI, 2021). Asimismo, la descarga de aguas residuales no tratadas a través de fuentes puntuales podría deteriorar el ecosistema acuático (río Cumbaza). En base a la problemática anteriormente expuesta, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la remoción de la carga orgánica del efluente mediante un prototipo de lodos activados en la ciudad de Tarapoto.

2. Materiales y métodos

5.1 Diseño

La investigación tuvo un diseño experimental con pre y post prueba, ya que se determinó los parámetros DQO y DBO, antes y después del tratamiento mediante el prototipo de lodos activados. El diseño pre experimental se caracteriza porque se manipulan variables, a fin de analizar el efecto sobre la variable dependiente (materia orgánica) (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2017).

5.2 Población y muestra

La población es el agua residual municipal generada por la población de la ciudad de Tarapoto. Se tomó una muestra compuesta y estuvo conformada por 25 L de agua residual municipal. La muestra se recolectó del emisor N° 1 de aguas residuales de la ciudad de Tarapoto, con coordenadas 0347136 (E), 9281597 (N),

altitud de 265 msnm, a 1 km aguas abajo del puente Atumpampa. Los reactores fueron recipientes rectangulares de vidrio con las siguientes dimensiones: Largo (22 cm), ancho (22 cm) y altura (13 cm) y un volumen útil de 2 L de agua residual municipal. Por otro lado, cada reactor estuvo conectado a un aireador que suministró una concentración de 2 mg/L de oxígeno a los reactores. Los parámetros que se analizaron fueron la DBO y DQO.

Asimismo, el tiempo de funcionamiento del reactor de lodos activados tipo batch fue de siete días (Crispin, 2008).

Los tratamientos previos al sistema de lodos activados, fueron tamices finos como tratamiento preliminar y sedimentación como tratamiento primario. Después del reactor de lodos activados, se instaló un recipiente cilíndrico para la sedimentación.

5.3 Análisis estadístico

Se utilizó procedimientos de estadística descriptiva como frecuencias porcentuales, media y desviación estándar. Asimismo, se determinó la eficiencia mediante la siguiente ecuación.

$$\varepsilon = \frac{C_o - C_f}{C_o} * 100$$

Siendo:

ε : Eficiencia de remoción de DBO y DQO

C_o : Concentración inicial de de DBO y DQO

C_f : Concentración final de de DBO y DQO

3. Resultados

6.1 Caracterización del agua residual antes del tratamiento

En la tabla 1 se muestra los parámetros del agua residual antes del tratamiento. Los valores de DBO, DQO y pH del agua residual municipal no cumplieron el LMP del D.S. 003-2010-MINAM; únicamente el valor de temperatura cumplió el valor de referencia la normativa antes mencionada.

Tabla 1. Parámetros del agua residual antes del tratamiento

Parámetro	Unidad	Valor	LMP
DBO	mg/L	226,8	100
DQO	mg/L	521,6	200
pH	Und	4,2	6,5-8,5
Temperatura	°C	28,9	<35

6.2 Caracterización del agua residual después del tratamiento

En la tabla 2 se muestra los parámetros del agua residual después del tratamiento en cada uno de los tres reactores (R1, R2 y R3). En los tres reactores se encontró un valor menor al LMP para la DBO, con un valor promedio de 41,8 mg/L. De igual manera en los tres reactores la DQO fue menor al LMP, con un valor promedio de 111,3 mg/L. En cuanto al pH y temperatura, en los tres reactores se obtuvo valores que cumplieron el LMP del D.S. 003-2010-MINAM.

Tabla 2. Parámetros del agua residual después del tratamiento

Parámetro	Unidad	Después			Promedio	s	LMP
		R1	R2	R3			
DBO	mg/L	53,4	44,3	27,6	41,8	13,1	100
DQO	mg/L	142,7	117,9	73,3	111,3	35,2	200
pH	Und	7,1	7,2	7,2	7,2	0,1	6,5-8,5
Temperatura	°C	26,8	26,6	26,5	26,6	0,2	<35

6.3 Eficiencias de remoción de DBO y DQO

En la figura 1 se muestran las eficiencias de remoción de la DBO y DQO del agua residual municipal mediante el tratamiento con lodos activados. Se encontró una mayor eficiencia de remoción para la DBO con un valor de 81,6% mientras que para la DQO fue del 78,7%.

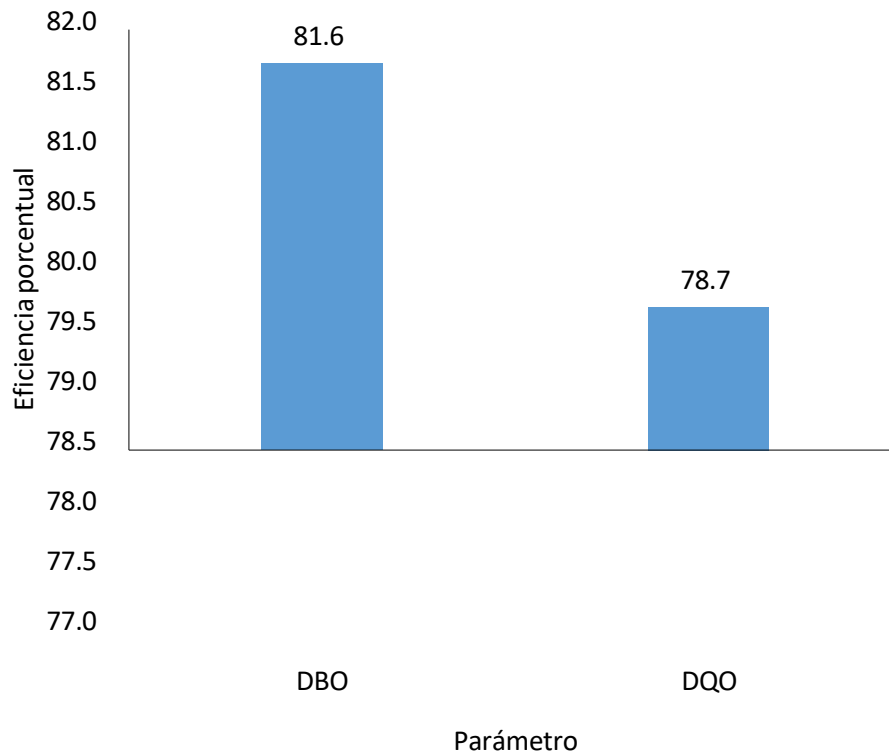


Figura 1. Eficiencias de remoción de DBO y DQO

4. Discusión

Los valores de DBO, DQO y pH del agua residual municipal no cumplieron el LMP del D.S. 003-2010-MINAM. Los valores de DBO y DQO del agua residual sin tratamiento fueron respectivamente 226,8 mg/L y 521,6 mg/L. Los valores fueron altos debido a que la muestra fue recolectada en horario pico. De acuerdo con (Bolong, Sabli, Saad, & Ali, 2022), durante el horario pico los valores de DBO y DQO de las aguas residuales suelen ser más altos que en el horario normal, aunque puede darse un aumento repentino debido a otros factores como los patrones de consumo de la población.

Por otro lado, en los tres reactores se encontró un valor menor al LMP para la DBO, con un valor promedio de 41,8 mg/L. De igual manera en los tres reactores la DQO fue menor al LMP, con un valor promedio de 111,3 mg/L. En cuanto al pH y temperatura, en los tres reactores se obtuvo valores que cumplieron el LMP del D.S. 003-2010-MINAM.

Asimismo, esta agua residual tratada mediante lodos activados puede ser reutilizada para fines agrícolas y riego de jardines debido ya que tanto la DBO como el pH cumplen con el ECA del D.S 004-2017 categoría 3 (riego de vegetales), siendo los valores de referencia respectivamente de 15 mg/L y 6,5-8,5. Asimismo, la alta eficiencia de eliminación de materia orgánica en el proceso de lodos activados se debe a la diversidad de microorganismos en el licor mezclado.

Moreno (2017) menciona que entre la diversidad microbiana de los reactores fue posible observar el predominio de la asociación de *vorticella* y rotíferos en el licor mezclado, los cuales estabilizan la materia orgánica en un sistema de lodos activados. Bendezu & Jurado (2021) encontraron una eficiencia de remoción de la DQO del 80% y se cumplió el LMP, asimismo, durante el proceso el pH varió desde 7.36 hasta 8.32.

Asimismo, se encontró una mayor eficiencia de remoción para la DBO con un valor de 81,6% mientras que para la DQO fue del 78,7%. Bolong, Sabli, Saad, & Ali (2022) encontraron una eficiencia de remoción de la DBO del 80%, los autores mencionan que las tecnologías de tratamiento de aguas residuales que presentan eficiencias superiores al 80% se consideran aceptables.

Al-Wardy, Al-Saadi, & Alquzweeni, (2021) sostienen que las altas eficiencias de eliminación de la materia orgánica del agua residual se debe a la estabilidad de los microorganismos que están trabajando con un buen desempeño debido al suficiente oxígeno transferido en los tanques de aireación. Por otro lado, Borges (2021) menciona que en un sistema de lodos activados en continuo, las variables que influyen para obtener altas eficiencias en el proceso son el tiempo de retención hidráulico, la carga orgánica superficial y la edad del lodo.

5. Referencias

- Al-Wardy, A., Al-Saadi, R., & Alquzweeni, S. (2021). Performance Evaluation of Al- Muamirah Wastewater Treatment Plant. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 877(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/877/1/012027>
- Barros, B. (2021). *Estudo Técnico do Sistema de Esgotamento Sanitário de Itacajá - TO* (Universidade Federal do Tocantins). Retrieved from [http://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/3780/1/Monografia BRUNO FERRONATO BARROS.pdf](http://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/3780/1/Monografia_BRUNO_FERRONATO_BARROS.pdf)
- Bendezu, M., & Jurado, C. (2021). *Eficiencia de remoción de materia orgánica por medio de lodos activados a escala piloto en el camal municipal del distrito de Huancavelica* (Universidad Nacional de Huancavelica). Retrieved from <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3766>
- Bolong, N., Sabli, M. Q. N., Saad, I., & Ali, A. N. A. (2022). The efficiency of sewage treatment plant: A case study at the main campus of Universiti Malaysia Sabah (UMS). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1229(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1229/1/012013>
- Borges, R. (2021). *Lodos Ativados Aplicados no Tratamento de Esgoto Doméstico e Industrial* (Universidade Federal de Lavras). Retrieved from [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/46848/1/DISSERTAÇÃO_Lodos ativados aplicados no tratamento de esgoto doméstico e industrial avaliação de duas ETES localizadas no município de Juiz de Fora - MG.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/46848/1/DISSERTAÇÃO_Lodos_ativados_aplicados_no_tratamento_de_esgoto_doméstico_e_industrial_avaliação_de_duas_ETEs_localizadas_no_município_de_Juiz_de_Fora_-_MG.pdf)
- Crispin, D. (2008). Preparación de un cultivo biológico para degradar compuestos orgánicos presentes en efluentes líquidos de la industria pesquera. *Bol. Invest. Inst. Tecnol. Pesq. Perú.*, 8(1), 65–74. Retrieved from https://repositorio.itp.gob.pe/bitstream/ITP/31/1/publicacion_8.9.pdf
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2017). *Metodologia de la investigacion*.

- INEI. (2021). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2021*. Retrieved from https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1827/libro.pdf
- Kokina, K., Mezule, L., Gruskevica, K., Neilands, R., Golovko, K., & Juhna, T. (2022). Impact of Rapid pH Changes on Activated Sludge Process. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/app12115754>
- Loureiro, S. C. (2015). *Análise Técnica E Econômica Da Viabilidade De Utilização De Sistemas Compactos De Tratamento E Reuso De Efluentes Domésticos Em Projetos De Expansão Urbana* (Universidade de Ribeirão Preto). Retrieved from <https://www.unaerp.br/documentos/2681-sergio-carlos-loureiro/file>
- Moreno, O. (2017). *Aspectos Microbiológicos do Tratamento de Esgotos Sanitários em Reatores em Batelada Sequencial com Lodo Granular* (Universidade Federal De Pernambuco). Retrieved from [https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/23928/1/Oucilane - versão final da dissertação.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/23928/1/Oucilane%20-%20vers%C3%A3o%20final%20da%20disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf)
- Tech, G. (2019). *Desvantagens do Processo de Lodo Ativado para Municípios e Organização*. Retrieved from [https://pt.genesiswatertech.com/blog/7-desvantagens-de-usar-um-processo-de-lodo-ativado-para-o-seu-município-ou-empresa/](https://pt.genesiswatertech.com/blog/7-desvantagens-de-usar-um-processo-de-lodo-ativado-para-o-seu-munic%C3%ADpio-ou-empresa/)

6. Anexos

6.1 Evidencia de sumisión del artículo en una revista de prestigio

Imagen 1. Evidencia de sumisión del artículo en la revista



EL EDITOR DE LA REVISTA PRODUCCIÓN + LIMPIA

Hace constar que:

El artículo: “**Remoción de materia orgánica del agua residual municipal mediante un prototipo de lodos activados**”, escrito por Luis Fernando Romero Domínguez, Fernando Chong Rojas y Carmelino Almaraz Villegas; fue enviado a la Revista Producción + Limpia.

La Revista está en categoría C del BBN – Publindex de Colciencias y tiene visibilidad a través de los siguientes índices:

- SciVerse SCOPUS/Elsevier B.V.
- Thomson Reuters
- Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe,
- España y Portugal - LATINDEX
- Scientific electronic library on line - SciELO
- Fuente Académica - EBSCO
- Wildlife & Ecology Studies Worldwide - EBSCO
- Left Index - EBSCO
- Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal - REDALYC
- Plataforma open access de revistas científicas y electrónicas españolas y latinoamericanas - erevist@s
- Index Copernicus sp.
- Directory of open access journals - DOAJ
- WorldCat
- Base de datos de la Universidad de La Rioja – Dialnet

Para constancia se firma en Caldas, Antioquia el 17 de agosto de 2023.

Atentamente,

JUAN FERNANDO MONTOYA CARVAJAL, PhD.
Editor Institucional

Edy G.V.

6.2 Copia de resolución de inscripción del perfil del proyecto

Imagen 1. Resolución de inscripción del perfil de proyecto

“AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL”

RESOLUCIÓN N° 1011-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 11 de octubre de 2022

VISTO:

El expediente de **Luis Fernando Romero Domínguez**, identificado(a) con Código Universitario N° 201521064 y **Fernando Chong Rojas**, identificado(a) con Código Universitario N° 201220698, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Luis Fernando Romero Domínguez** y **Fernando Chong Rojas**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Remoción de materia orgánica del agua residual municipal mediante un prototipo de lodos activados en la ciudad de Tarapoto" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 11 de octubre de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Remoción de materia orgánica del agua residual municipal mediante un prototipo de lodos activados en la ciudad de Tarapoto**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Mtro. Camelino Almaster Villegas** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Mtro. Ricky Bray Saavedra Mego** y **Ing. Ericka Nayda Perales Dominguez**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo

Fuente: Universidad Peruana Unión