UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:
DISEÑO E IMPLEMEMNTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOOMESTICASA ESCALA LABORATORIO EN LA PARROQUIA DE FATIMA- PASTAZA (LODOS ACTIVADOS Y MBBR)

AUTOR(ES):

Grace Carolyne Borja Barrionuevo

Alexander Vinicio Méndez Alvarado

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Pedro Andrés Peñafiel Arcos

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	**5/5**	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	**4/5**	Revisar la redacción
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	**19/20**	Existen faltas ortográficas, revisar la redacción
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	**15/15**	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	**14/15**	Existen faltas ortográficas, revisar la redacción

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	**24/25**	Existen faltas ortográficas, revisar la redacción
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	**9/10**	Revisar la redacción
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	**5/5**	
VALORACIÓN TOTAL	**95**	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	**X**
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	**95**

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
JESSICA ALEXANDRA MACHADO CUZCO

Jessica Alexandra Machado Cuzco

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de agosto de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	El título es claro y representa la idea principal del escrito.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	4/5	Información clara y precisa fácil de identificar de qué se trata la investigación y su relevancia.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	17/20	Describe correctamente la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Sin embargo, falta aumentar un poco más.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	13/15	Entrega correctamente conceptos de términos que son empleados en el estudio.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	12/15	Describe el tipo de investigación a desarrollar, sin embargo, falta aumentar criterios de análisis con que se abordó la información.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	23/25	resultados de manera organizada a partir del problema planteado.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	7/10	Conclusiones muy cortas, debería aumentar, sobre los resultados obtenidos.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Correcta aplicación de las normas APA en las citas, fuentes y referencias.
VALORACIÓN TOTAL	86	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	86

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
LUIS ALBERTO UVIDIA

Ing. Luis Alberto Uvidia Armijo

Dado en la ciudad de Puyo, a los 09 días del mes de agosto de 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Puyo, 2 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Méndez Alvarado Alexander Vinicio, con C.I. 1600628190, con el Tema: "Diseño e implementación de una planta de tratamientos de aguas residuales domésticas a escala laboratorio en la parroquia de Fátima-Pastaza (lodos activados y MBBR)", de la carrera de Ingeniería Ambiental, Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, M. Sc. Peñafiel Arcos Pedro Andrés, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 9%, Informe generado con fecha 2 de agosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes
Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
PEDRO ANDRES
PENAFIEL ARCOS

M. Sc. Peñafiel Arcos Pedro Andrés
C.I.: 1600373987
Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Document Information

Analyzed document	Diseño e implementación de una planta de tratamientos de aguas residuales domésticas a escala laboratorio en la parroquia de Fátima (1).docx (D142614385)
Submitted	2022-08-02 23:02:00
Submitted by	Pedro Peñafiel
Submitter email	ppenafiel@uea.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	ppenafiel.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/download/18047/15134/62999 Fetched: 2022 08-02 23:02:31	1
W	URL: https://www.hidrotec.com/blog/tipos-de-aguas-residuales/ Fetched: 2019 12-11 22:38:18	2
W	URL: http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1877/1/UNESUM-ECU-ING.MEDIO-2019-09.pdf Fetched: 2020 12-09 21:32:22	3
W	URL: https://www.iagua.es/respuestas/que-es-sistema-lodos-activados Fetched: 2020 11-22 04:35:32	1

Entire Document

Diseño e implementación de una planta de tratamientos de aguas residuales domésticas a escala laboratorio en la parroquia de Fátima-Pastaza (lodos activados y MBBR).

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Puyo, 2 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Borja Barrionuevo Grace Carolyne, con C.I. 1600645665, con el Tema: "Diseño e implementación de una planta de tratamientos de aguas residuales domésticas a escala laboratorio en la parroquia de Fátima-Pastaza (lodos activados y MBBR)", de la carrera de Ingeniería Ambiental, Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, M. Sc. Peñafiel Arcos Pedro Andrés, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 9%, Informe generado con fecha 2 de agosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes
Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
PEDRO ANDRES
PENAFIEL ARCOS

M. Sc. Peñafiel Arcos Pedro Andrés
C.I.: 1600373987
Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Document Information

Analyzed document	Diseño e implementación de una planta de tratamientos de aguas residuales domésticas a escala laboratorio en la parroquia de Fátima (1).docx (D142614385)
Submitted	2022-08-02 23:02:00
Submitted by	Pedro Peñafiel
Submitter email	ppenafiel@uea.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	ppenafiel.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/download/18047/15134/62999 Fetched: 2022 08-02 23:02:31	1
W	URL: https://www.hidrotec.com/blog/tipos-de-aguas-residuales/ Fetched: 2019 12-11 22:38:18	2
W	URL: http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1877/1/UNESUM-ECU-ING.MEDIO-2019-09.pdf Fetched: 2020 12-09 21:32:22	3
W	URL: https://www.iagua.es/respuestas/que-es-sistema-lodos-activados Fetched: 2020 11-22 04:35:32	1

Entire Document

Diseño e implementación de una planta de tratamientos de aguas residuales domésticas a escala laboratorio en la parroquia de Fátima-Pastaza (lodos activados y MBBR).

Diseño e implementación de una planta de tratamientos de aguas residuales domésticas a escala laboratorio en la parroquia de Fátima-Pastaza (lodos activados y MBBR).

Alexander Vinicio Méndez Alvarado[1]
amb2017313@uea.edu.ec

Grace Carolyne Borja Barrionuevo[2]
amb2017270@uea.edu.ec

M. Sc. Peñafiel Arcos Pedro Andrés[3]
ppenafiel@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería ambiental

Resumen

El crecimiento de la población es un serio desafío para nuestra sociedad debido a la creciente cantidad de aguas residuales domésticas. Además, el uso de diferentes tecnologías para reducir la contaminación contribuye en gran medida a esta tarea. Por esta razón, este trabajo se centró en probar procesos de tratamiento poco utilizados en la Amazonía ecuatoriana, como sistemas de lodos activados y biorreactores de lecho móvil (MBBR), en aguas residuales domésticas. A lo largo de la investigación se desarrollaron objetivos para la evaluación y análisis de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) a escala laboratorio, a través de la revisión de bibliografía de experiencias similares para tener conocimiento sobre las tecnologías propuestas, montaje de los procesos descritos y determinación de la eficiencia de remoción de materia orgánica. Aguas residuales tratadas de una planta de tratamiento de aguas residuales con características de aguas domésticas en Fátima, parroquia de Pastaza. La planta de tratamientos a escala de laboratorio utilizó cuatro baldes con una capacidad de 2,75 litros, dos operando en condiciones de lodos activados y los otros dos operando en el proceso MBBR. Uno está lleno al 30% y el otro está lleno al 60% con biocarriers. Al igual que con la aireación prolongada, se trabajó con un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 14 a 18 horas. El experimento se llevó a cabo durante 4 semanas y confirmó que el proceso MBBR con un 30 % y 60% de portador de biocarriers fueron eficaces para eliminar el 27% y el 38 % de DBO5. A partir de estos resultados, podemos concluir que el sistema MBBR es una alternativa muy interesante al tratamiento de aguas residuales urbanas o domésticas, que contribuye a la conservación de los recursos naturales.

Palabras Clave: PTAR, escala laboratorio, agua residual doméstica, MBBR

Abstract

Population growth is a serious challenge to our society due to the increasing amount of domestic wastewater. In addition, the use of different technologies to reduce pollution greatly contributes to this task. For this reason, this work focused on testing treatment processes little used in the Ecuadorian Amazon, such as activated sludge systems and moving bed bioreactors (MBBR), in domestic wastewater. Throughout the investigation, objectives were developed for the evaluation and analysis of a wastewater treatment plant (WWTP) at a lab

oratory scale, through the literature review of similar experiences to have knowledge about the proposed technologies, assembly of the processes described and determination of the efficiency of removal of organic matter. Treated wastewater from a wastewater treatment plant with domestic water characteristics in Fátima, Pastaza parish. The laboratory-scale treatment plant used four buckets with a capacity of 2.75 liters, two operating in activated sludge conditions and the other two operating in the MBBR process. One is 30% filled and the other is 60% filled with biocarriers. As with prolonged aeration, a hydraulic retention time (HRT) of 14 to 18 hours was used. The experiment was carried out for 4 weeks and confirmed that the MBBR process with 30% and 60% carrier biocarriers were effective in removing 27% and 38% BOD5. From these results, we can conclude that the MBBR system is a very interesting alternative to urban or domestic wastewater treatment, which contributes to the conservation of natural resources.

Keywords*:* PTAR, laboratory scale, domestic waste water, MBBR.

1. Introducción

Preservar el medio ambiente es una de las mayores preocupaciones en el mundo de hoy. En el tema ambiental, que es uno de los problemas más preocupantes para el ser humano, la descarga de aguas residuales sin tratar también forma parte del daño al medio ambiente, por lo que se han adoptado diversos tipos de tratamiento de aguas residuales, que se han desarrollado en los últimos años (Castillo & Guerra, 2014).

Pocas ciudades en el Ecuador cuentan con sistemas de alcantarillado, entre ellas: Jipijapa, Shushufindi, Portoviejo y Cuenca, con excepción de las siguientes ciudades, todas con poca población. De las 215 ciudades del país, solo el 62% trata las aguas residuales y el resto no trata ningún tipo de tratamiento. A nivel regional, la Sierra cuenta con el mayor número de plantas potabilizadoras (50% del total nacional), las regiones costeras con el 31%, la Amazonía con el 18,5% y las regiones insulares con el 0,5%. (Peña *et al.*, 2018).

En la Parroquia Fátima se presenta la oportunidad de utilizar el agua residual domestica para hacer un estudio para el adecuado tratamiento de las aguas residuales, de tal forma que pueda ser comparada con una PTAR a escala laboratorio, llegando así a tomar parte en comparación de resultados de un antes y después, con la normativa vigente de descarga a cuerpos de agua dulce (Vivanco & Villa, 2019). Debido a que no se otorga la importancia que este tema requiere, porque no se ha establecido un adecuado proceso para el tratamiento y depuración del agua, se vuelve necesario generar una investigación que permita brindar una solución a este problema.

Existen muchas alternativas para el tratamiento de aguas residuales, pero la mala operación y mantenimiento y la mala adaptación al medio ambiente han hecho que estas fallen y sean abandonadas, causando enormes pérdidas a municipios, consejos parroquiales y más. Por lo tanto, el tratamiento de aguas residuales por métodos naturales se considera una opción sustentable para pequeñas y medianas poblaciones debido a su alta eficiencia, bajos costos de operación y mantenimiento y facilidad de construcción en comparación con los sistemas convencionales (Bermeo & Santín, 2012). Sin embargo, se debe potenciar la importancia de devolver el agua que obtenemos de la naturaleza en condiciones “aceptables” para que pueda continuar en el ciclo hidrológico mayor de nuestra nación y del planeta (Lahera R. , 2010).

Con la importancia de considerar las aguas residuales domésticas como calidad, nació el sistema de biorreactor de lecho móvil (MBBR), una tecnología que dio buenos resultados cuando se aplica y no cambia la calidad de las aguas residuales del sistema de agua, y obtuvo más que el agua tratada en un período de tiempo más corto tiempo (Reyes, 2020).

Según un estudio realizado en Perú sobre la mejora del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación de un sistema de biorreactor de lecho móvil

(MBBR), la tecnología utilizada ha mostrado resultados notablemente buenos ya que permite tratar el 40% de la capacidad adicional sin cambiar la calidad de la planta. Aguas residuales, lo que permite tiempos de espera más cortos, lo que significa más tratamiento de agua en menos tiempo (Reyes, 2020).

Además, Reyes (2020) también mostró que la MBBR total influye en el comportamiento biológico de los procesos de degradación de la materia orgánica, aumentando la estabilidad del sistema debido a la alta concentración de biomasa acumulada. La planta de tratamiento de aguas residuales, al aplicar el sistema MBBR, comparó la calidad del efluente sin optimizar el sistema. Esto demuestra la eficiencia del sistema MBBR, que también permite el uso de aguas residuales para riego mediante la aplicación de modificaciones menores.

El objetivo principal del proyecto es determinar la eficiencia del tratamiento de cargas orgánicas de aguas residuales domésticas utilizando lodos activados y el proceso MBBR mediante el diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales a escala de laboratorio para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

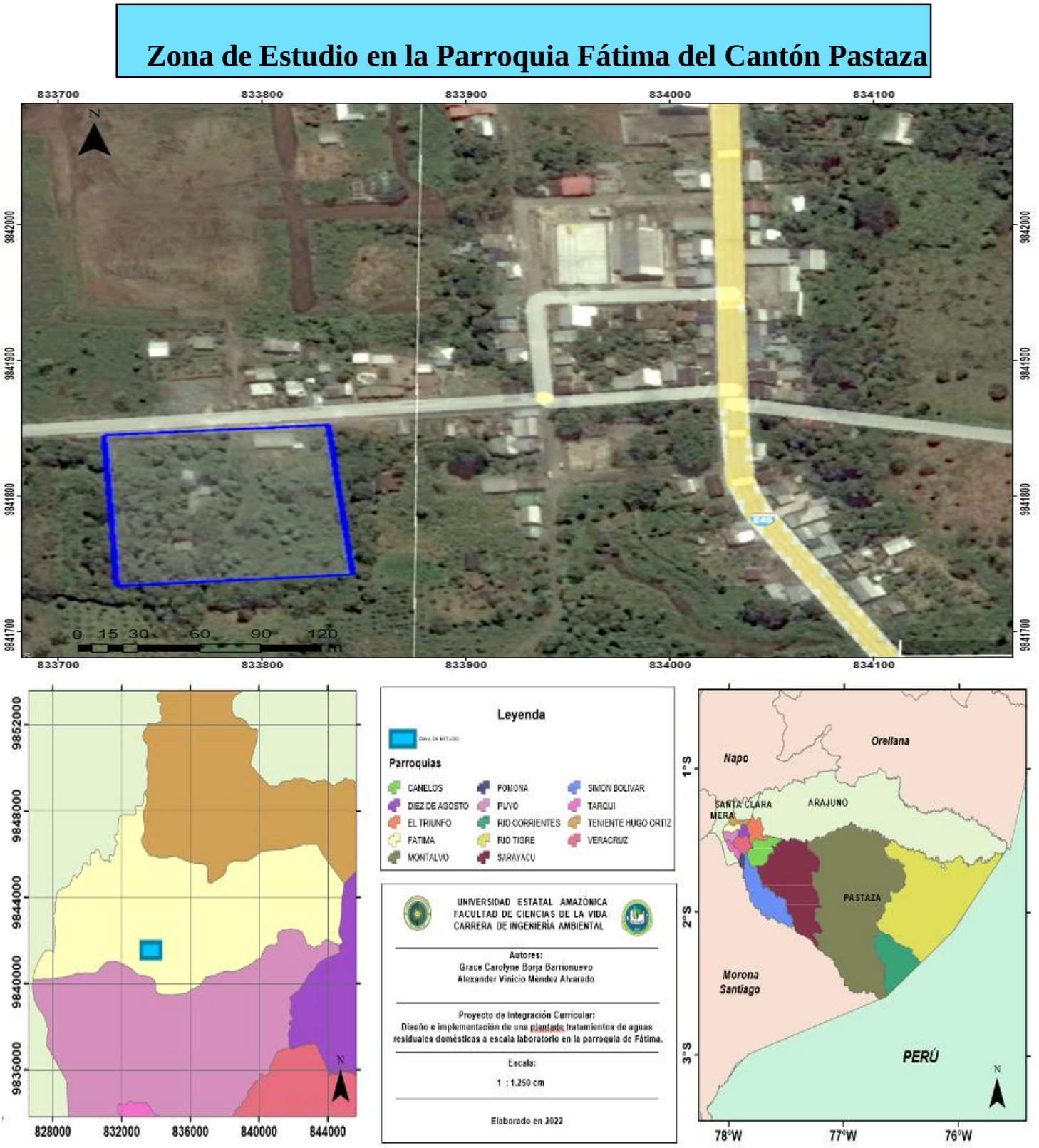
El diseño e implementación de MBBR y procesos biológicos de lodos activados como nuevas tecnologías a escala de laboratorio beneficiará a los investigadores que tendrán datos de desempeño directo de estas tecnologías e indirectamente en la población cuando estas actividades se realicen a escala industrial.

2. Materiales y métodos/metodología

2.1. Localización

Esta planta a escala de laboratorio que busca estudiar la eficiencia de eliminación de contaminantes orgánicos biodegradables mediante MBBR y tecnología de lodos activados está instalada en la ciudad de Puyo, provincia de Pastaza, en la región amazónica del Ecuador.

Figura 1. *Ubicación del área de estudio*



Elaborado por: Elaborado por los autores

La parroquia de Fátima fue la elegida como nuestra área de estudio para realizar las investigaciones de este proyecto, específicamente se utilizó una planta de tratamientos del sector, llevando a cabo los respectivos análisis, de la descarga de la planta de tratamientos de aguas residuales, y así, poder utilizar el agua de descarga en la PTAR a escala laboratorio para su debido tratamiento.

2.2.Tipo o diseño de investigación

Como parte de los objetivos del proyecto, se propone diseñar e instalar una planta de tratamiento a escala de planta para determinar la eficiencia del proceso de remoción, lodos activados y MBBR, a partir de varias muestras de aguas residuales domésticas de Fátima. La prueba también se utiliza para lograr cada objetivo que se ha propuesto. Por esta razón, para nuestro el proyecto de integración curricular, se adoptó un diseño de estudio de simulación interpretativa que, como se mencionó anteriormente, la manipulación de variables es necesaria para comprender sus efectos y determinar su eficacia y factibilidad.

2.3. Métodos de Investigación

2.3.1. Diseño de la planta de aguas residuales a escala laboratorio utilizando las tecnologías MBBR y lodos activados

Para obtener una comprensión aproximada de cómo se diseñan y ensamblan las plantas de tratamiento de aguas residuales a escala de laboratorio, es necesario escribir una referencia para experimentos similares a fin de obtener una comprensión básica del proceso. La tecnología propuesta. Varios estudios que evaluaron el reactor MBBR para tratar aguas residuales contaminadas con ácido tereftálico a escala de laboratorio indicaron que el sistema de tratamiento tenía un tiempo de arranque de 15 días y un buen tiempo de operación de 65 días (Fresytez & Márquez, 2019). Tras este tiempo, la planta alcanzó un rendimiento estable con la eliminación de la mayor parte de la DQO y el tratamiento primario avanzado (TPA). Además, el sistema mostró una excelente adaptabilidad a la perturbación de diferentes factores ambientales, lo que indica el potencial de la tecnología MBBR en el tratamiento de aguas residuales que contienen ácido tereftálico.

2.3.2. Análisis de laboratorio de la descarga de dos plantas de tratamientos de aguas domésticas de la parroquia de fátima

Se hicieron análisis en la infraestructura prestada por la Universidad Estatal Amazónica en el laboratorio de ambiental para determinar la calidad de agua residual de la planta de tratamiento con mayor contaminación de la parroquia, para medir los siguientes parámetros: demanda biológica orgánica (DBO5), sólidos suspendidos, sólidos suspendidos totales (SST) y nitrógeno total. También se debe mencionar que todos los métodos y procedimientos están basados en el libro Standar Methods For The Examination Of Water And Wastewater. Por otra parte, en el laboratorio de biología se determinó el número de coliformes fecales que se encontraron en el agua. Los materiales de laboratorio que se utilizaron para cada prueba se detallan en la Tabla 1.

Cabe mencionar que las muestras recolectadas para estudio y análisis fueron recolectadas en la parroquia de Fátima, en la planta de tratamientos de aguas residuales, tomada de la descarga que es enviada a un cuerpo hídrico. Llevando a cabo una toma de muestra puntual, sabiendo que la técnica es de recogida manual, y que son muestras que representan las condiciones de un cuerpo de agua de un lugar. Se tomó dos muestras para su análisis, teniendo en cuenta que se recomendó utilizar envases de vidrio de 1000 ml, que debieron ser llenados en su totalidad para que no se produzca oxígeno y se puedan realizar de la mejor manera los análisis de laboratorio en la Universidad Estatal Amazónica.

Tabla 1. M*ateriales de laboratorio utilizados para el análisis de la contaminación de aguas residuales domésticas de la parroquia fátima*

Laboratorio de Ambiental	**Laboratorio de Biología**
Probeta	Tubos de ensayo
Balón de 1000 ml	Balanza
Vaso de precipitación 25 ml, 50 ml, 500 ml	Gradilla
Campana	Pipeta
Cápsulas de cerámica	Frasco de muestra
Gotero	Pinzas
Mufla	
Medidor de pH digital	
Medidor portátil de oxígeno disuelto	
Refrigeradora	
Frascos de muestra (1000ml)	
Mechero	
Calentador	
Agitador (pastilla)	
Licuadora	
Pipetas	
Pinzas	

Elaborado por: Elaborado por los autores

2.3.3. Instalación de la planta de aguas residuales a escala laboratorio para el tratamiento de aguas residuales domésticas

Para la instalación de la PTAR a escala laboratorio que se ubicó en la ciudad de Puyo, se emplearon los equipos y materiales que se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. *Materiales y Equipos Utilizados para la Instalación de la PTAR a Escala Laboratorio*

Materiales	Equipos
Agua residual doméstica	1 bomba compresora ACO 003 de 35 watts
Balde de 20 litros	1 válvula T reguladora
Manguera de pecera	4 T plástico cristal
6 llaves reguladoras individuales	4 piedras difusoras cilíndricas
	4 recipientes de plástico de 2 litros
	Biocarriers PE05 para procesos MBBR, con un diámetro de 25 mm por una altura de 10 mm y un área superficial >500 m2/m3.

Elaborado por: Elaborado por los autores

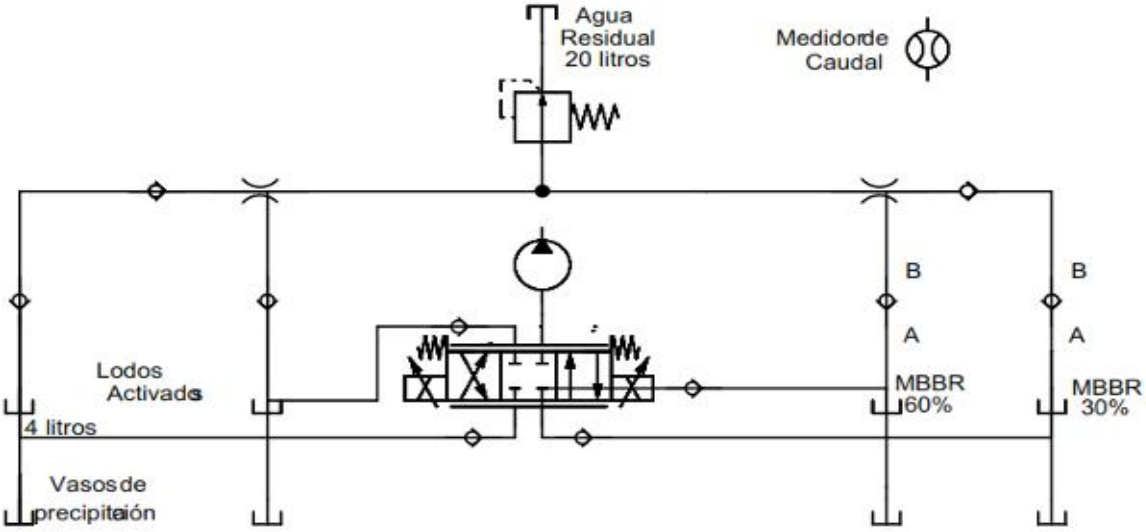
2.3.4. Determinación de la eficiencia de remoción de materia orgánica con tecnología MBBR y tratamiento con los lodos activados.

Para demostrar la eficacia de la eliminación de cargas orgánicas de las aguas residuales de la diócesis de Fátima tratadas por la planta de tratamiento a escala de laboratorio, se recolectaron muestras de tres contenedores con una prueba de biorremediación, el primer contenedor de lodos activados y los últimos MBBR al 30% y al 60% con el portador biológico. Se llena, se combinan las descargas de la planta piloto y las aguas residuales utilizadas en el experimento, correspondientes al volumen de aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales local. El análisis se basa en DBO5 y nitrógeno.

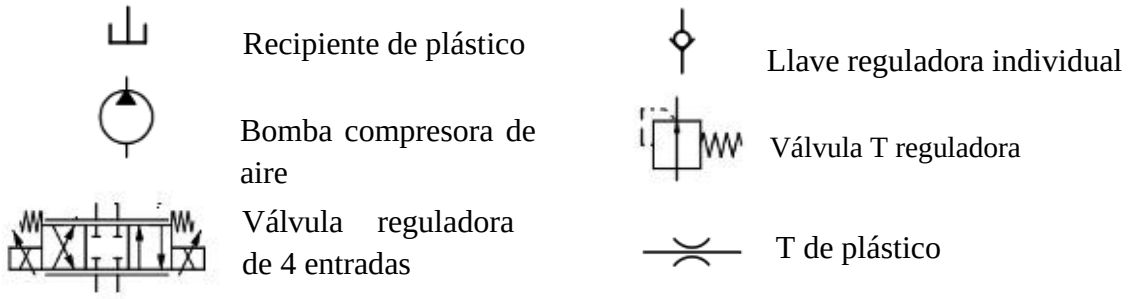
3. Resultados y Discusión

3.1. Diseño de una Planta de Tratamientos de Aguas Residuales a Escala Laboratorio Utilizando las Tecnologías (MBBR) y Lodos Activados.

Figura 2. *Diagrama de Flujo de la PTAR a Escala Laboratorio*



Simbología



Elaborado por: (Vega & Reyes, 2022)

Para el correcto funcionamiento de los reactores MBBR, estos deben cumplir con ciertas características, tales como: alta relación área-superficie, la tasa de ocupación del medio fluido no debe ser superior al 70%, ya que esto asegurará que haya suficiente espacio para el reactor a utilizar. Movimiento continuo por aireación o agitación mecánica (García & Murillo, 2018).

De la misma manera García & Murillo (2018) señalan que es importante conocer los parámetros y tiempo de retención hidráulica de los lodos activados, ya que afecta la

concentración de microorganismos y a su vez la concentración de materia orgánica dentro del reactor.

Por ello, en el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales a escala de laboratorio, se decidió colocar dos contenedores para el proceso de lodos activados y dos para el proceso MBRR: uno con el 30% y el otro tanque con el 60% de la capacidad del contenedor.

3.2. Análisis de Laboratorio de la Descarga de Dos Plantas de Tratamientos de Aguas Domésticas de la Parroquia de Fátima.

La Tabla 3 presenta los parámetros analizados en los laboratorios ambientales y biológicos de la Universidad Estadual Amazónica. El objetivo del análisis es poder determinar la contaminación presente en cada muestra, seleccionar la muestra con mayor degradación para ser utilizada como muestra para una planta de tratamiento a escala de laboratorio y realizar el procedimiento correspondiente.

Tabla 3. *Muestras recolectas en la descarga de la PTAR de la parroquia fátima.*

	Fecha	Volumen Total	Lugar	Resultados		
				Parámetro	**Resultado**	**Unidad**
1	24-06-22	1.5 litros	PTAR1 Fátima	DBO5	24,65	mg/L
				NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	5.9	mg/100ml
				SÓLIDOS SUSPENDIDOS	131	mg/L
				SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	35	mg/L
				RECUENTO DE COLIFORMES FECALES	600	NMP/ml
				pH	6,62	
2	24-06-22	1.5 litros	PTAR2 Fátima	DBO5	82,65	mg/L
				NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	6,8	mg/100ml
				SÓLIDOS SUSPENDIDOS	244	mg/L
				SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	150	mg/L
				RECUENTO DE COLIFORMES FECALES	1400	NMP/ml
				pH	6,38	

Elaborado por: Elaborado por los autores

Llevado a cabo los respectivos análisis de laboratorio en las instalaciones de la Universidad Estatal Amazónica, se hizo toma de resultados, y, se hace una comparación entre las dos muestras, determinando el parámetro más importante que es DBO5, y llegando a la conclusión que DBO5 de la PTAR2 de Fátima, tiene un valor 82.65 mg/L, a comparación de la PTAR1 con un valor de 24.65 mg/L, es decir, que existe mayor contaminación en una de las plantas de tratamientos, y será utilizada como nuestra agua muestra para la planta piloto en el proceso de lodos activos y MBBR.

3.3. Instalación de la planta de aguas residuales a escala laboratorio para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Figura 3. *Montaje de la PTAR a escala laboratorio*



Elaborado por: Elaborado por los autores

Cada uno de los recipientes cumple con una función en específico, se detalla a continuación:

- Tanque reservorio: es el encargado de dar la distribución a cada uno de los recipientes y que debido a su capacidad se lo utiliza para suministrar el agua muestra recolectada de la planta de tratamientos de aguas residuales (PTRA) de la parroquia de Fátima.
- Recipiente 1: disponibilidad de 2.75 L de agua residual, añadiendo una piedra difusora que con el uso de la bomba compresora de aire se da un proceso aerobio que nos permitirá verificar la cantidad de materia orgánica acumulada.

- Recipiente 2: contiene 2.75 L de agua residual muestra junto a una piedra difusora.
- Recipiente 3: con capacidad de 2.75 L de agua residual muestra, 30% de Biocarriers, y una piedra difusora.
- Recipiente 4: con capacidad de 2.75 L de agua residual muestra, 60% de Biocarriers, y una piedra difusora.

La siguiente tabla muestra los parámetros requeridos en cada contenedor, a saber: volumen y tiempo de llenado. De esta forma, será posible obtener el caudal de cada muestra y el caudal medio en cada contenedor de aguas residuales domésticas.

Tabla 4. *Determinación del caudal en cada balde*

	Volumen medido 1 (L)	Tiempo de llenado 1 (min)	Caudal 1 (L/h)	Caudal promedio (L/h)
BALDE 1 (Lodos Activados)	Muestra 1: 0,05 Muestra 2: 0,05 Muestra 3: 0,05	Muestra 1: 17,08 Muestra 2: 18,15 Muestra 3: 16,22	Muestra 1: 0,17 Muestra 2: 0,16 Muestra 3: 0,18	0,17
BALDE 2 (Lodos Activados)	Muestra 1: 0,05 Muestra 2: 0,05 Muestra 3: 0,05	Muestra 1: 21,12 Muestra 2: 17,06 Muestra 3: 18,10	Muestra 1: 0,14 Muestra 2: 0,17 Muestra 3: 0,16	0,15
BALDE 3 (MBBR con llenado al 60%)	Muestra 1: 0,05 Muestra 2: 0,05 Muestra 3: 0,05	Muestra 1: 14.17 Muestra 2: 1,26 Muestra 3: 16,02	Muestra 1: 0,21 Muestra 2: 0,19 Muestra 3: 0,18	0,19
BALDE 4 (MBBR con llenado al 30%)	Muestra 1: 0,05 Muestra 2: 0,05 Muestra 3: 0,05	Muestra 1: 16,22 Muestra 2: 16,04 Muestra 3: 17,16	Muestra 1: 0,18 Muestra 2: 0,18 Muestra 3: 0,17	0,18

Elaborado por: Elaborado por los autores

La Tabla 5 proporciona una interpretación de los tiempos de retención hidráulica obtenidos de cada contenedor. La determinación de este parámetro indica la cantidad de tiempo que el agua permanece en el dispositivo de tratamiento.

Tabla 5. *Determinación del tiempo de retención hidráulico (TRH) de cada recipiente*

	Volumen de agua en cada balde (L)	Caudal promedio del balde analizado (L/h)	TRH (horas)
BALDE 1	2,75	0,17	16
BALDE 2	2,75	0,15	18
BALDE 3	2,75	0,19	14
BALDE 4	2,75	0,18	15

Elaborado por: Elaborado por los autores

Una vez establecidos los cálculos de TRH en la Tabla N° 5 que nos orientan en el diseño de los parámetros del proceso de lodos activados, se puede determinar que la operación de tratamiento utilizada en la investigación se encuentra en condiciones similares al proceso de aireación a largo plazo, ya que tienen 14 y 18horas TRH.

Con base en el análisis obtenido del proyecto de aguas residuales domésticas al implementar un sistema MBBR a escala de laboratorio en el condado de Kailoma, demostraron que obtuvieron TRH en 11 horas, es decir, el método de tratamiento utilizado como base convencional para planificar el proceso de lodos activados. (Reyes , 2020).

Adicionalmente, en un proyecto de diseño y construcción de reactores de lodos activados a escala de laboratorio, se indicaba que su tiempo de trabajo era de 2 horas, por lo que su tratamiento era un proceso completo de mezcla (Crespo & Martinez, 2018).

Cuando comparamos los datos recopilados experimentalmente y las bibliografías analizadas, encontramos que TRH tiene un valor importante para llevar a cabo estos procedimientos. Encontramos que los mejores resultados se obtuvieron entre las 6 horas y las 18 horas de TRH, siendo de 6 horas a 10 horas el período de tiempo en el que, según la información estudiada, se pudieron obtener los mejores resultados.

3.4.Determinación de la Eficiencia de Remoción de Materia Orgánica con Tecnología MBBR y Tratamiento de Lodos Activados.

Tabla 6. *Muestras recolectas en la descarga de la PTAR piloto*

Cantidad	Fecha	Hora	Volumen Total	Lugar	Resultados		
					Parámetro	**Resultado**	**Unidad**
1	08-07-22	8:00 am	1,5 litros	Lodos activados	DBO5	24	mg/L
					NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	3,3	mg/100ml
					SÓLIDOS SUSPENDIDOS	15,19	mg/L
					SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	84	mg/L
					RECUENTO DE COLIFORMES FECALES	400	NMP/L
					pH	7,77	
1	08-07-22	8:00 am	1,5 litros	MBBR con 30% de llenado	DBO5	23	mg/L
					NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	4,1	mg/100ml
					SÓLIDOS SUSPENDIDOS	16	mg/L
					SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	13	mg/L
					RECUENTO DE COLIFORMES FECALES	300	NMP/L
					pH	7,22	
1	08-07-22	8:00 am	1,5 litros	MBBR con 60% de llenado	DBO5	32	mg/L
					NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	3,7	mg/L
					SÓLIDOS SUSPENDIDOS	11	mg/L
					SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	8	mg/L
					RECUENTO DE COLIFORMES FECALES	300	NMP/L
					pH	7,38	

Elaborado por: Elaborado por los autores

Tabla 7. *Análisis Post Experimentación*

Parámetros	Lodos Activados	% De Remoción	30% De MBBR	% De Remoción	60% De MBBR	% De Remoción
Dbo5	24	29%	23	27%	32	38%

Elaborado por: Elaborado por los autores

Según un estudio sobre remoción de aguas residuales mediante tecnología MBBR en la provincia peruana de Kailuma, se ha demostrado que el sistema MBBR es más efectivo para remover las propiedades químicas y biológicas presentes en las aguas residuales (Reyes , 2020).

Los resultados obtenidos permiten determinar que el sistema MBBR presenta una mayor remoción de materia contaminante que el sistema de lodos activados. El método ya conocido de lodos activados alcanzo una remoción del 29% de DBO5, y al 60% de MMBR con biocarriers una remoción de 38%.

Debe enfatizarse que los tiempos de prueba son críticos en cualquier investigación, ya que los tiempos de ejecución más largos, permiten que los procesos de tratamiento de aguas residuales a escala de laboratorio sean más estables, porque pueden tener mejores resultados en la eliminación de muchos contaminantes.

Según Reyes (2020), el estudio que se realizó tiene un período de prueba aproximado de 3 meses, (Abu Bakar et al., 2020) mientras que manifestó que, para obtener sus resultados, trabajó en su proyecto por un período estimado de 5 meses. meses. La planta de tratamiento de aguas residuales a escala laboratorio que se diseñó estuvo aproximadamente un mes funcionando, pero depende del tiempo para los resultados esperados.

Los estantes se distinguen por sus reducidas dimensiones y elevada superficie específica por unidad de volumen. Esta característica permite aumentar la biomasa presente en el reactor en el mismo volumen en comparación con el tratamiento convencional. Los microorganismos responsables del proceso de purificación se adhieren a los soportes plásticos (biocarriers) mantenidos en el reactor. A través de la aireación, se asegura una distribución uniforme en todo el reactor y los microorganismos pueden acceder a los medios (Chamorro, 2019).

Según Chamorro (2019), solo la biomasa sobrante se suspende y se envía al sistema de separación para su eliminación (por decantación o flotación) del agua depurada. Es el motivo por el que este tratamiento fue el mas adecuado para el proyecto. Ya que al tener los recipientes (baldes), se pudo determinar un tratamiento a lodos activos y MBBR por flotación, para eliminar materia orgánica, siendo este, el tratamiento del que mejores resultados se obtuvo.

4. Conclusiones

De acuerdo con las pruebas y estudios a los que se hace referencia, la tecnología MBBR se aplica ampliamente en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Un parámetro importante para considerar al momento de diseñar un reactor de lecho móvil es conocer sus propiedades como la densidad, tamaño y material del reactor, así como el mecanismo de agitación que les permita generar el movimiento óptimo.

El rendimiento del reactor informa una eliminación media muy significativa de DBO5 y nitrógeno en comparación con los métodos de lodos activados y los sistemas MBBR con resultados registrados, y los portadores biológicos influyen en el comportamiento biológico. Se llegó a la conclusión. La estabilidad del sistema se mejora aumentando la concentración de biomasa acumulada en cada soporte biológico. Esto acelera el proceso de tratamiento y asegura una calidad óptima del agua para su descarga al recipiente.

En fin, podemos concluir que la calidad del agua que sale de los recipientes MBBR al 30% y 60% son óptima para fines de riego y nos muestra que este método de tratamiento es muy efectivo porque también se respeta el caudal permitido con MBBR. Las aguas residuales domiciliarias se regulan para no alterar el ecosistema en el que finalmente se vierten.

El tratamiento biológico MBBR ha tenido muy buena aceptación, ya que su proceso aeróbico en el tratamiento de aguas residuales ha eliminado en gran medida los parámetros estudiados, como DBO5 y nitrógeno. Con la ventaja del biocarrier, esta tecnología se está volviendo cada vez más importante debido a su alta eficiencia en la eliminación de contaminantes.

El tratamiento natural de aguas residuales es una opción sostenible para grupos pequeños y medianos debido a su alta eficiencia, bajos costos de operación y mantenimiento y facilidad de construcción en comparación con los sistemas convencionales.

REFERENCIAS

Abu Bakar et al. (2020). Performance of a laboratory-scale moving bed biofilm reactor (MBBR) and its microbial diversity in palm oil mill effluent (POME) treatment. ELSEVIER, 1-5.

Arboleda, A. (2012). Diseños del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales de Pijal, Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Arciniega, A., & Salazar, J. (2021). Diseños de la planta de tratamiento de agua residual mediante lodos activados paa la comunidad de Pesillo, parroquia Olmedo. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero e Ingeniera Ambientales. Quito: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19898/1/UPS%20-%20TTS292.pdf

Bermeo, L., & Santín, J. (11 de Enero de 2012). Estudio, diseño y seleccion de la tecnologia adecuada para tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones menores a 2000 habitantes en la ciudad de Gonzanamá. Obtenido de http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/1346

Canut, A., Duque, R., Donato , J., & Sáez, R. (2015). Tecnología Moving Bed Biological Reactor (MBBR) para el tratamiento de aguas residuales de la industria agroalimentaria. Soluciones Industriales y Tratamientos Ambientales, S.L (SITRA). Obtenido de https://sitra.es/wp-content/uploads/2021/11/Tecnología_MBBR_industria_agroalimentaria_CTC_JUN_2016_0.pdf

Castillo, A., & Guerra, M. (2014). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PTAR POR LODOS. Trabajo de Tesis. Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Castro, J. (Febrero de 2017). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales del proceso de hidratacion postcosecha de las rosas en la empresa vicky flowers y propuesta para la implementacion. Obtenido de Universidad tecnològica Equinoccial: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/13960/1/68651_1.pdf

Chamorro, J. (11 de 02 de 2019). Tecnología MBBR e IFAS, algo más que una cuestión de plástico. Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/jorge-chamorro/tecnologia-mbbr-e-ifas-algo-mas-que-cuestion-plastico

Crespo, M., & Martinez, D. (Febrero de 2018). Diseño, Construcción y Arranque de operación de un reactor de lodos activados a escala laboratorio. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15235/1/UPS%20-%20ST003445.pdf

Díaz-Cuenca, E., Alvarado-Granados, A. R., & Camacho-Calzada, K. E. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. Quivera, 14(1), 78-97. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf

Fresytez, E., & Márquez, A. (2019). Diseño, construcción y evaluación del desempeño de un reactor de carga secuencial para tratamiento de aguas residuales de tenerias. INGENIERÍA UC, vol. 26, núm. 1, 46-60.

García, F., & Murillo, D. (8 de Junio de 2018). Diseño y operación del lecho movil aerobio para el tratamiento de aguas residuales. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada: https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/18000/GarciaNathalia%2CGuti%C3%A9rrezDaniela%2C2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y

García, J. (2018). Propuesta metodológica de indicadores de evaluación de sustentabilidad de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas orientados al sector rural. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19075/1/CD-8476.pdf

HIDROTEC. (2021). Tipos de aguas residuales: por qué es importante conocerlas. Obtenido de HIDROTEC: https://www.hidrotec.com/blog/tipos-de-aguas-residuales/

Lahera, V. (210). Infraestructura sustentable: Las plantas de tratamiento de aguas residuales. Quivera, 12(2), 58-69. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/401/40115676004.pdf

Lander Rodriguez. (2020). El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes. Obtenido de iagua: https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes

Laura Zarza. (28 de Julio de 2017). ¿Qué son las aguas residuales? Obtenido de https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales

Peña, S., Mayorga, J., & Montoya, R. (2018). Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi (Ecuador). Ciencia e Ingeniería, 39(2), 161-173. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/5075/507557606007/507557606007.pdf

Reyes Wilyn. (2020). Optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación del sistema MBBR en la provincia Caylloma - AQUAFIL. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/15532

TULSMA. (29 de marzo de 2017). Texto Unificado de Legislación Ambiental. Obtenido de Límites permisibles de descarga a cuerpos de agua dulce: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf

Vega, J., & Reyes, E. (2022). Implementación de los Procesos Biológicos Lodos Activados y MBBR a Escala Laboratorio, Para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales en el Cantón Santa Clara. (Trabajo de integración curricular). Universidad Estatal

Amazónica. Puyo, Ecuador.

Vivanco, J., & Villa, W. (2019). Desarrollo de un plan de manejo de ambiental para los procesos operativos de las dos plantas de tratamientos de aguas residuales de la parroquia rural fátima (Fátima 1 y Fátima 2) del cantón Pastaza. Obtenido de (Trabajo de Grado). Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador.

Anexos

Marco Teórico

1. Agua residual

Las aguas residuales son cualquier agua cuya calidad se ve afectada negativamente por la influencia humana. Agua que no tiene valor inmediato para el uso previsto o para el cual fue producida debido a su calidad, cantidad o tiempo de disponibilidad. (Laura Zarza, 2017).

1.1.Tipos de aguas residuales

Las diferentes tipologías de aguas residuales se recogen en la directiva europea

91/271 CEE (PDF). En este reglamento se distinguen tres tipos de aguas residuales:

- Aguas residuales domésticas. Esta clase de aguas residuales son aquellas que tienen su origen en viviendas y están producidas en esencia por el metabolismo humano y por las actividades que se llevan a cabo en el ámbito doméstico.
- Aguas residuales industriales**.** Dentro de este tipo de aguas residuales se encuentran todas aquellas que han sido vertidas desde un lugar con finalidad comercial o industrial.
- Aguas residuales urbanas. Hacen referencia a aquellas aguas que tienen aguas residuales domésticas y aguas residuales industriales. También aquellas aguas que incluyen las aguas de correntía pluvial (HIDROTEC, 2021).

1.2.Etapas de Tratamiento

1.2.1. Tratamiento Primario

La función de esta primera etapa es eliminar los sólidos en suspensión,

Se logra por precipitación por gravedad o por precipitación, ya sea soportada o agregada químicamente. Los sólidos se eliminan mediante el tamizado en función del tamaño de las partículas (Lander Rodriguez, 2020).

1.2.2. Tratamiento secundario

El objetivo de esta segunda etapa es la remoción de materia orgánica disuelta y coloidal, a través de procesos bioquímicos de oxidación. Además, los materiales biológicos se descomponen a partir de los desechos humanos. En estos tratamientos encontramos procesos aeróbicos y anaeróbicos. El proceso aeróbico ocurre en presencia de oxígeno, que se introduce mediante burbujas en el tanque (Lander Rodriguez, 2020).

1.2.3. Tratamiento Terciario

En esta etapa final del tratamiento se realizan procesos para la eliminación de agentes patógenos, como bacterias de origen fecal, aumentando los estándares de calidad requeridos para ser devuelta al ciclo del agua, por descarga al mar, en ríos, lagos, recargas de acuíferos, embalses y demás sistemas hídricos. Este tipo de tratamiento solo se realiza en EDAR´s que realicen vertidos a una zona protegida (Lander Rodriguez, 2020).

2. Características fisicoquímicas y biológicas de las aguas residuales urbanas

El tratamiento de aguas residuales genera complicaciones en el proceso de tratamiento, en base a las propiedades del agua de viviendas, industrias, comercio y todo lo que compone las diversas aguas residuales municipales, por lo que se requiere conocer las propiedades físicas o químicas para su tratamiento (Castro, 2017).

Tabla 8. *Características químicas y físicas de aguas residuales.*

Tipo	Características
Propiedades físicas	Olor Sólidos totales Color
Constituyentes Químicos	
Orgánicos	Aceites y grasas Compuestos volátiles
Inorgánicos	Alcalinidad Cloruros Metales pesados Nitrógeno pH Fosforo Sulfatos

Elaborado por: (Castro, 2017)

3. Límites máximos permisibles de descarga a cuerpos de agua dulce

Según (TULSMA, 2017), los límites máximos permisibles de descargas a cuerpos de agua dulce son los siguientes:

Tabla 9. *Límites máximos permisibles de descargas a cuerpos de agua dulce.*

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Cianuro total	CN^-	mg/l	0,1
Cin	Zn	Mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/1000ml	2000
Color real	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B. O_5.	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	50

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuesto Organofosforados	Organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	$SO4^{2}$	mg/l	1000
Sulfuros	S^{2}	mg/l	0,5
Temperatura	oC		Condición natural +_ 3
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

Elaborado por: (TULSMA, 2017)

4. Tratamiento biológico de aguas residuales

Incluye una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que eliminan los contaminantes del agua. El objetivo principal del tratamiento de aguas residuales domésticas es producir agua limpia dentro de los límites máximos permisibles para los afluentes (Reyes, 2020).

4.1. Principales procesos de tratamiento biológico utilizados en el tratamiento de aguas residuales.

4.1.1. Sistema de lodos activados

El sistema de lodos activados es un tratamiento biológico de aguas residuales con la tarea de filtrar el agua a través de los microorganismos suspendidos en el biorreactor, ya que estos microorganismos necesitan oxidar la materia orgánica, creando condiciones favorables para su posterior tratamiento. Contacto posterior con el agua (Reyes, 2020).

4.1.2. Sistema SBR (Sequencing Batch Reactors)

El sistema SBR es el único proceso biológico que combina reacción, aireación y clarificación en un mismo tanque, ya que consta de al menos cuatro ciclos de llenado, reacción, decantación y vaciado, y el efluente es como un lodo (Reyes, 2020).

4.1.3. Sistema MBBR (Biorreactor de lecho móvil)

MBBR o sistema de biorreactor de movimiento es una tecnología de bioprocesamiento en constante evolución que ofrece una mayor eficiencia que otros sistemas convencionales, porque su mayor ventaja es el tamaño del horno. pequeña respuesta Este tipo de procesamiento se basa en el uso de portadores biológicos, y la estructura de micro-PVC aumenta el área constante de microorganismos que degradan la materia orgánica dentro del reactor de aireación y se mueven constantemente dentro. El flujo de agua del reactor, debido a las burbujas de aire, ayuda a aumentar la cantidad de microbios, ya que proporcionan una superficie más grande en la que pueden adherirse y crecer, descomponiendo así más materia orgánica. (Reyes, 2020).

Fotografías



Figura 4: PTAR de Fátima



Figura 5: Descarga de PTAR de Fátima



Figura 6: Montaje de la PTAR a escala laboratorio



Figura 7: Tanque reservorio



Figura 8: Bomba compresora



Figura 9: Análisis de DBO



Figura 10: Análisis de solidos suspendidos



Figura 11: Biocarriers al 30%



Figura 12: Biocarriers al 60%



Figura 13: Análisis de solidos suspendidos totales



Figura 14: Determinación de pH

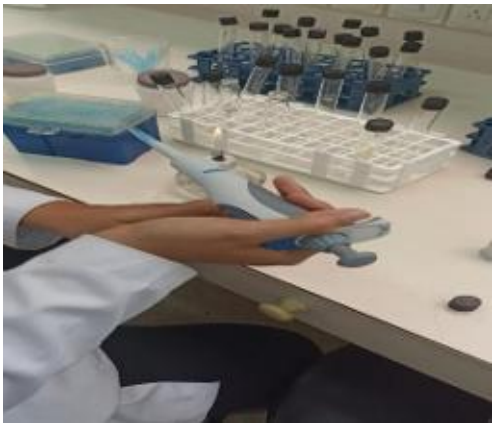


Figura 15: Coliformes fecales



Figura 16: Toma de datos de DBO5