

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Perfil de proyecto de investigación:

“Estudio De Biorreactor De Membrana Para El Tratamiento De Aguas
Residuales En El Rio Maravillas”

Presentado Por:

Exson Quisocala Huaccasi

Asesor:

Jorge Juvenal Bravo Hualla

Juliaca, 11-06-2025

1. Planteamiento del Problema

Aumento de la contaminación del agua por aguas residuales domésticas, industriales está causando enfermedades como la malnutrición, las intoxicaciones y la diarrea entre otros.

1.1 Justificación

El proceso de tratamiento de aguas residuales es clave para salvaguardar el entorno y la salud de la población. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), un tratamiento adecuado de aguas residuales no solo evita el surgimiento de enfermedades, sino que también protege los ecosistemas acuáticos (OMS, 2017). Los biorreactores de membrana (MBR) representan una tecnología novedosa que integra procesos biológicos y separación por membranas, lo cual mejora la eficacia en la eliminación de sólidos en suspensión y compuestos orgánicos contaminantes (Le-Clech et al., 2006). Este tipo de tecnología presenta beneficios sobre los métodos tradicionales, incluyendo una menor ocupación de espacio y la generación de efluentes de alta calidad (Feng et al., 2014). La polución del Río Maravillas impacta a las comunidades aledañas y a la biodiversidad del ecosistema. La utilización de un biorreactor de membrana para procesar aguas residuales podría ser una solución eficaz para enfrentar estos desafíos. Un estudio llevado a cabo por (Zhang et al. 2017) ha indicado que los MBR han sido efectivos en disminuir contaminantes en diversas situaciones, lo que sugiere su aplicabilidad en el tratamiento de aguas residuales del Río Maravillas. La implementación de esta tecnología podría ayudar en la recuperación del río, mejorando su calidad y permitiendo su uso para actividades recreativas y agrícolas. El enfoque metodológico sugerido incluye un diseño experimental que se basa en ensayos piloto para evaluar la eficacia del biorreactor de membrana en condiciones específicas del Río Maravillas. Según (APHA 2012), realizar análisis estandarizados garantiza que los resultados sean válidos y confiables. Se considerarán parámetros como la efectividad en la eliminación de materia orgánica y nutrientes, además de los costos operativos asociados. Esta estrategia permitirá recopilar información pertinente que apoyará las decisiones sobre la implementación de MBR en el tratamiento de aguas residuales.

1.2 Estado del Arte

El tratamiento de aguas residuales ha evolucionado significativamente a lo largo de los años. Los biorreactores de membrana (MBR) han emergido como una tecnología innovadora que combina procesos biológicos y separación física mediante membranas, lo que ofrece ventajas sobre los sistemas convencionales (Zhao et al., 2016). La principal ventaja de los MBR es su capacidad para producir efluentes de alta calidad, lo que permite su reutilización en aplicaciones agrícolas e industriales (Khan et al., 2018).

Los MBR funcionan mediante la combinación de un reactor biológico y una membrana que separa los sólidos suspendidos del efluente tratado. Esta configuración permite una mayor concentración de biomasa, lo que mejora la eficiencia en la eliminación de contaminantes (Khan et al., 2018). Además, los MBR requieren menos espacio que los sistemas convencionales, lo que es crucial en áreas urbanas densamente pobladas (Feng et al., 2014).

Los MBR se han utilizado exitosamente en diversas aplicaciones, incluyendo el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales. Un estudio realizado por (Zhang et al. 2017) demostró que los MBR son efectivos para tratar aguas residuales con alta carga orgánica y nutrientes, logrando tasas de eliminación superiores al 90% para materia orgánica y nitrógeno. Además, los MBR han sido utilizados en la recuperación de recursos como el agua y nutrientes, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental (Zhao et al., 2016)

1.3 Objetivos

Evaluar la eficacia de un biorreactor de membrana (MBR) en el tratamiento de aguas residuales provenientes del Río Maravillas, determinando su capacidad para reducir contaminantes y mejorar la calidad del agua.

Objetivos Específicos

1. Analizar la composición y características fisicoquímicas de las aguas residuales del Río Maravillas antes y después del tratamiento en el biorreactor de membrana.
2. Determinar la eficiencia del biorreactor de membrana en la eliminación de materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes (nitrógeno y fósforo) en las aguas residuales tratadas.
3. Evaluar el rendimiento operativo del biorreactor, incluyendo parámetros como el tiempo de retención hidráulica (TRH), la carga orgánica y la producción de lodos.
4. Investigar la durabilidad y el comportamiento de ensuciamiento de las membranas utilizadas en el biorreactor durante el proceso de tratamiento.
5. Realizar un análisis costo-beneficio del uso del biorreactor de membrana en comparación con métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales, considerando aspectos económicos y ambientales.

1.4 Hipótesis

H1: El uso de un biorreactor de membrana (MBR) mejorará significativamente la calidad del agua tratada, reduciendo los niveles de materia orgánica y nutrientes en comparación con los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales han, S. J., et al. (2018).

H2: La eficiencia del biorreactor de membrana en la eliminación de contaminantes se verá afectada por la carga orgánica y el tiempo de retención hidráulica (TRH). Zhang, X., et al. (2017)

1.5 Variables

Independientes

1. Concentración de contaminantes en las aguas residuales Incluye parámetros como materia orgánica (DBO, DQO), sólidos suspendidos, nitrógeno y fósforo.

2. Volumen de aguas residuales tratadas La cantidad de agua residual que se somete a tratamiento en el biorreactor.

3. Tipo de tratamiento aplicado: Métodos de tratamiento utilizados (por ejemplo, biorreactor de membrana, tratamientos convencionales).

4. Tiempo de retención hidráulica (TRH): El tiempo que el agua residual permanece en el sistema de tratamiento.

5. Carga orgánica aplicada: La cantidad de materia orgánica que se introduce al biorreactor.

Dependientes

1. Calidad del agua tratada: Medida a través de los niveles de contaminantes restantes en el agua después del tratamiento (DBO, DQO, sólidos suspendidos).

2. Incidencia de enfermedades: Número de casos reportados de malnutrición, intoxicaciones y diarrea en la población expuesta al agua contaminada.

3. Efectos en la salud pública: Indicadores relacionados con la salud, como tasas de hospitalización o morbilidad asociadas a enfermedades transmitidas por el agua.

4. Satisfacción con el servicio de agua tratada: Percepción pública sobre la calidad del agua potable tras el tratamiento.

2. Metodología

Realizar un muestreo sistemático de aguas residuales del Río Maravillas en diferentes puntos de la cuenca, asegurando la representatividad de las muestras.

2.1 Diseño Metodológico

- Descripción: Se realiza un experimento controlado donde se manipulan variables independientes (como la carga orgánica y el tiempo de retención hidráulica) para observar su efecto en la calidad del agua tratada (variable dependiente).

- Ejemplo: Comparar la eficacia de diferentes tiempos de retención en la eliminación de contaminantes en un biorreactor.

2.2. Caracterización del Agua Residual y del Río Maravillas:

Esta etapa inicial es crucial para determinar la composición de las aguas residuales y el estado actual del río. Se deben analizar parámetros como:

- Contaminantes: Materia orgánica (DBO, DQO), nutrientes (nitrógeno, fósforo), sólidos suspendidos, metales pesados, patógenos, contaminantes emergentes (microplásticos, fármacos, etc.) .
- Caudal: Volumen de agua residual generado diariamente.
- Características del Río: Caudal, velocidad de flujo, profundidad, geología, biodiversidad, usos del agua (riego, consumo humano, etc.)

2.3. Selección de Tecnologías de Tratamiento:

Basándose en la caracterización del agua residual, se seleccionarán las tecnologías más adecuadas. Las opciones incluyen:

- Tratamientos primarios: descomposicion de partículas con la nanotecnología
- Tratamientos secundarios: Lodos activados, lagunas de estabilización, filtros biológicos.
- Tecnologías innovadoras: Humedales artificiales, biorreactores de membrana, sistemas electroquímicos.

La selección debe considerar la eficiencia de cada tecnología en la eliminación de los contaminantes identificados, su costo, su impacto ambiental, su disponibilidad tecnológica y su adaptabilidad al contexto local.

2.4. Implementación y Monitoreo a Largo Plazo:

Una vez seleccionada la tecnología óptima, se procederá a su implementación a escala real. Se realizará un monitoreo a largo plazo para evaluar su eficacia continua y realizar ajustes si es necesario.

Esta metodología proporciona un marco general. La adaptación a las características específicas del Río Maravillas y las aguas residuales es fundamental para asegurar su éxito.

2.5 Diseño muestral

El diseño muestral para evaluar la eficacia de diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales en el Río Maravillas dependerá de varios factores, incluyendo la heterogeneidad del río, la disponibilidad de recursos, y los objetivos específicos del estudio.

1. Diseño completamente aleatorizado:

- Descripción: Se seleccionan puntos de muestreo a lo largo del río de forma aleatoria. La muestra se va tomando en diferentes momentos del día
- Ventajas: Simple, fácil de implementar, permite generalizar los resultados a toda la población.
- Desventajas: Puede ser ineficiente si el río presenta alta heterogeneidad. No considera factores espaciales importantes como la distancia a las fuentes de contaminación.

2.6 Técnicas de Recolección de Datos

Análisis de Datos:

- Análisis de regresión: Identificación de relaciones entre variables para determinar la influencia de las tecnologías de tratamiento en la calidad del agua.
- Análisis espacial: Utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para visualizar la distribución espacial de los contaminantes.

La combinación de estas técnicas permitirá una evaluación completa y rigurosa de la eficacia de las diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales en la mejora de la calidad del agua del Río Maravillas. La selección de las técnicas específicas dependerá de los objetivos del estudio, los recursos disponibles y las características del río y las aguas residuales.

2.7 Técnicas Estadísticas para el Procesamiento de la Información

1. análisis Descriptivo:

- Medidas de tendencia central: Media, mediana y moda para cada parámetro de calidad del agua (ej: DBO, DQO, sólidos suspendidos, etc.) antes y después del tratamiento con cada tecnología. Esto proporciona una visión general de los niveles de contaminación.

- Medidas de dispersión: Desviación estándar, varianza y rango para evaluar la variabilidad de los datos. Una alta desviación estándar indica mayor incertidumbre en los resultados.

- Visualización de datos: Histogramas, diagramas de caja y bigotes, y gráficos de dispersión para representar la distribución de los datos y detectar valores atípicos.

2.8. Pruebas de Hipótesis:

Para comparar la eficacia de diferentes tecnologías o el impacto del tratamiento en la calidad del agua, se pueden utilizar las siguientes pruebas:

- Prueba t de Student: Para comparar la media de un parámetro entre dos grupos (ej: agua tratada vs. agua sin tratar con una tecnología específica). Se requiere que los datos se distribuyan normalmente.

- ANOVA (Análisis de Varianza): Para comparar las medias de un parámetro entre tres o más grupos (ej: comparar la eficacia de tres tecnologías diferentes). También asume normalidad de los datos.

2.9 Aspectos Éticos

- Equidad en la distribución de beneficios y riesgos: Las tecnologías elegidas y su ubicación deben considerar la equidad, evitando que las comunidades más vulnerables carguen con los impactos negativos (ej: olores, ruido, riesgos a la salud) mientras que otras se benefician con la mejora de la calidad del agua.

- Participación comunitaria: La participación activa de las comunidades afectadas en todas las etapas del proceso, desde la planificación hasta la implementación y monitoreo, es crucial para asegurar que sus necesidades y preocupaciones sean consideradas.

3. Administración del Proyecto

- Identificación de Recursos: Determina todos los recursos necesarios, incluyendo materiales, mano de obra, y equipos.

- Métodos de Estimación: Utiliza métodos como estimación por analogía, estimación paramétrica, o estimaciones detalladas para calcular los costos.

- Control de Cambios: Establece un proceso para manejar cambios en el presupuesto debido a imprevistos o ajustes en el alcance del proyecto

Costos de Materiales

- Membranas para biorreactores: \$5,000
- Reactivos químicos: \$2,000
- Equipos de laboratorio (mantenimiento y compra): \$3,000
- Total Materiales: \$10,000*

Costos de Mano de Obra

- Investigador Principal (6 meses): \$15,000
- Asistentes de Investigación (2 personas por 6 meses): \$10,000
- Total Mano de Obra: \$25,000

3.1 Cronograma de Actividades

Cronograma de Actividades en Días para la Evaluación de Tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales en el Río Maravillas

Fase 1: Planificación y Preparación (60 días)

- Días 1-15: Definición de objetivos, alcance y metodología. Revisión bibliográfica y antecedentes. Obtención de permisos.
- Días 16-30: Selección de tecnologías. Identificación de variables a monitorear.
- Días 31-45: Diseño del plan de muestreo. Selección de puntos de muestreo.
- Días 46-60: Adquisición de equipos y materiales. Definición del equipo de trabajo.

Fase 2: Recolección de Datos (180 días)

- Días 61-120: Monitoreo de la calidad del agua (antes del tratamiento). Recopilación de datos sobre caudal y características de aguas residuales.

- Días 121-180: Implementación de las tecnologías. Monitoreo continuo de la calidad del agua (durante el tratamiento).

Referencias Bibliográficas

<https://revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/2431>

<https://telwesa.com/tecnologia-tratamiento-de-aguas-residuales/>

https://www.researchgate.net/publication/385020655_Evaluacion_de_Sistemas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales_Basados_en_Naturaleza_Potencial_para_Ciudades_Sostenibles

<https://uni.edu.gt/noticias/tratamiento-aguas-residuales/>

<https://uni.edu.gt/noticias/tratamiento-aguas-residuales/>  (https://uni.edu.gt/noticias/tratamiento-aguas-residuales/?f link type=f linkinlinenote)

[. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2015000400013](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2015000400013)  (http://www.scielo.org.co/scielo.php?f link type=f linkinlinenote &pid=S0123-921X2015000400013&script=sci_arttext)

https://www.researchgate.net/publication/377467724_Evaluacion_de_dos_sistemas_de_tratamiento_de_aguas_grises_para_el_reuso_en_areas_verdes_en_escuelas_publicas_Lima_2023 

[CON\]\]\(https://www.researchgate.net/publication/377467724](https://www.researchgate.net/publication/377467724) Evaluacion de dos sistemas de tratami
ento de aguas grises para el reuso en areas verdes en escuelas publicas Lima 2023?f link type
=f linkinlinenote)

<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/5796>[[LINK ICON]](https://
[/revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/5796](https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/5796)?f link type=f linkinlinenote)

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135417307999>)

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960452416315683>)

([https://www.wiley.com/en-us/Design+and+Analysis+of+Experiments%2C+9th+Edition-p-
9781119439409](https://www.wiley.com/en-us/Design+and+Analysis+of+Experiments%2C+9th+Edition-p-9781119439409))

ANEXOS



